



Flávia Alexandra Pedro Fernandes

Licenciada em Biologia Celular e Molecular

Melhoria dos indicadores microbiológicos em linhas de enchimento de cerveja em barril

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Tecnologia e Segurança Alimentar – Ramo Qualidade Alimentar

Orientador: Professora Doutora Ana Lúcia Leitão, FCT/UNL

Co-Orientador: Doutor Pedro Vicente, SCC

Juri:

Presidente: Doutora Benilde Simões Mendes

Vogais: Doutor José Fernando Gomes Requeijo

Eng.^a Maria Dulce Brás Trindade da Silva

Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão

Dr. Pedro Miguel dos Reis Vicente



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março 2012



Flávia Alexandra Pedro Fernandes

**Melhoria dos indicadores microbiológicos em
linhas de enchimento de cerveja em barril**



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Março 2012

“Melhoria dos indicadores microbiológicos em linhas de enchimento de cerveja em barril” Copyright ©, Flávia Alexandra Pedro Fernandes, FCT/UNL e UNL.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Foram muitas as pessoas que me apoiaram na execução deste trabalho e a quem estou profundamente grata. Não pretendo esquecer ninguém torna-se, no entanto, importante que algumas delas sejam aqui salientadas.

Os meus agradecimentos terão de ser dirigidos em primeiro lugar à Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A. pela forma como colocou à minha disposição todos os meios técnicos e humanos e sem a qual não teria sido possível a realização desta dissertação. Não poderia deixar de fazer um agradecimento muito especial ao Eng.º Manuel Galvão por me ter recebido gentilmente no Departamento de Qualidade da SCC e ter possibilitado a realização deste trabalho.

À Professora Benilde Mendes, Professora Coordenadora do Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar da FCT-UNL, agradeço por ter aprovado de bom agrado o tema desta dissertação e por zelar pelos interesses dos seus alunos de Mestrado.

Impossível seria não agradecer o contributo valioso da minha orientadora interna, a Professora Ana Lúcia Leitão, pela disponibilidade e interesse manifestado para orientar este trabalho, pela revisão crítica, pelos comentários, sugestões e conselhos que foram essenciais para o desenvolvimento desta dissertação. Agradeço-lhe toda a motivação, confiança, compreensão e carinho que sempre me concedeu e pelo permanente estímulo que se tornaram decisivos em determinados momentos de maiores indecisões e preocupações... Agradeço-lhe ainda a partilha do saber, não só no desenvolvimento deste projecto mas também ao longo do meu percurso académico, e que me será imprescindível na minha vida profissional.

Especialmente ao Doutor Pedro Vicente, meu co-orientador, agradeço todo o apoio, simpatia, esclarecimento de dúvidas, partilha de conhecimento e disponibilidade que, no meio dos seus muitos afazeres, me proporcionou.

À Doutora Teresa Sampaio pela sua simpatia, paciência e esclarecimentos, pela informação disponibilizada e por todo o apoio prestado na elaboração da dissertação.

À Maria José Sousa e à Maria José Domingos pelo carinho, preocupação e auxílio no laboratório para determinação de diversos parâmetros apresentados nesta dissertação.

À Carla Branco, Maria Tomás, Isidoro Mourão e Inês Goes por todo o apoio infindável prestado no laboratório de Microbiologia e pela simpatia, amizade e companheirismo vivido no local de trabalho. À Celeste Zambujo, Cristina Carvalho, Elisete Cordeiro, Jaime Moreno, Jorge Castro e

Raquel Mendes, pelo auxílio prestado em vários momentos no decurso do trabalho laboratorial ligado à parte química.

A todos os colaboradores da área de enchimento de barris de cerveja pelas explicações preciosas sobre o processo de enchimento de barris. Ao Sr. Joaquim Amaral, ao Sr. António Valério e ao Sr. António Madaleno reservo carinhosamente um muito obrigada pela forma com que me receberam no seu grupo de trabalho e me ajudaram a contornar as dificuldades. Agradeço-lhes por me terem transmitido todos os seus conhecimentos e disponibilidade demonstrada na resposta a todas as questões por mim colocadas.

À Ecolab agradeço pela informação disponibilizada e auxílio que prestaram para a realização deste trabalho.

Por último, e não sendo os menos importantes, aos meus pais e irmã, pelo incentivo e força que sempre me deram para concluir este Mestrado, pelo orgulho recebidos ao longo destes anos e pelos diversos sacrifícios suportados.

A todos os que me ajudaram, e que não poderei descriminar exaustivamente aqui, o meu profundo e sentido agradecimento.

RESUMO

Nos dias que correm, a vantagem competitiva de uma organização é um factor crucial para o sucesso do seu negócio, sendo que a melhoria dos seus processos, através da diminuição de defeitos, constitui uma vantagem significativa. Na indústria cervejeira, a presença de microrganismos contaminantes na cerveja assume-se como um dos principais defeitos da sua qualidade percebidos pelo consumidor. Uma cerveja contaminada microbiologicamente pode levar a graves prejuízos económicos, com o aumento de reclamações, retirada dos produtos do mercado, custos de abate e reprocessamento, e sobretudo perda de confiança do cliente e consumidor, o que pode comprometer seriamente a imagem de uma empresa.

A presente dissertação teve como objectivo a melhoria dos indicadores microbiológicos (FTR Micro) de linhas de enchimento de barris de cerveja da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A. (SCC), reduzindo os defeitos microbiológicos recorrentes. Pretende-se melhorar o desempenho microbiológico do processo de enchimento de cerveja em barril e garantir uma produção dentro dos limites de especificação, atingindo-se um valor FTR Micro de 97 %. Para alcançar o objectivo proposto foi criada uma equipa de melhoria específica de redução dos defeitos microbiológicos da área de barris e aplicada uma série de técnicas de análise e ferramentas da qualidade baseadas na metodologia TPM (*Total Productive Management*, Gestão Produtiva Total), de forma a permitir a identificação e erradicação das causas-raiz das perdas de qualidade microbiológica. Foi feito o tratamento e desdobramento de vários dados e efectuada a recolha e análise de uma ampla gama de amostras em laboratório.

Para a melhoria dos indicadores microbiológicos foram restabelecidas condições básicas dos equipamentos mais críticos envolvidos no processo de enchimento de barris de cerveja e identificados problemas sobretudo relacionados com a higienização dos barris. Com base nos problemas identificados foram implementadas melhorias no terreno e produzidas instruções de trabalho para a consistência dessas melhorias efectuadas. Através da metodologia aplicada e acções realizadas pela equipa de melhoria foi possível atingir o objectivo pretendido. Durante várias semanas consecutivas, após as acções interventivas da equipa, o indicador microbiológico na área de barris manteve-se acima dos 97 %, o que permitiu assegurar os objectivos microbiológicos da Empresa para o ano de 2011 nessa área de enchimento de cerveja.

Termos-chave: Cerveja, Microrganismos contaminantes da cerveja, Enchimento de barris de cerveja, *Total Productive Management*, Indicadores FTR-Micro, Rota de Redução dos Defeitos Microbiológicos.

ABSTRACT

Nowadays the competitive advantage of an organization is a crucial factor for its success. Improving processes through reducing defects and enhancing quality is a significant advantage to survive in a competitive economical environment. In the beer industry, the presence of contamination by microorganisms in the beer process is a major concern in its quality, which is easily perceived by consumers. When a beer is contaminated by microorganisms, it can cause serious economic damage. In this situation an increase in customer complaints occurs and the beer can be withdrawn from the market, resulting in massive legal costs for the industry, as well as loss of consumer confidence, which can also affect a company's image.

This work aims at improving the microbiological indicators (FTR Micro) in a beer kegs filling line at Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A (SCC). Therefore, the main goal was to reduce the recurring microbiological defects in order to improve the microbiological performance of the beer kegs filling and thus to ensure the production within the recommended microbiological limits. A FTR Micro of 97 % is the objective of the present work. An improvement team was established to reduce the microbiological defects in the kegs line and a range of quality tools based on TPM (*Total Productive Management*) was applied. Indeed, it was intended to identify and eradicate the causes of microbiological quality losses in beer. The data processing was carried out as well as the collection and analysis of a wide range of samples in the laboratories of the SCC.

The basic conditions of the most critical equipment involved in the beer kegs filling process were restored with this work. We identified several problems, mainly related with the keg cleaning procedure. Based on these problems, improvement actions and their maintenance have been implemented in the beer kegs filling line. Thus, through the applied methodology together with the actions taken by the improvement team, it was possible to achieve the desired goal. For several weeks, after the applied actions, the microbiological indicator in the kegs area remained above 97 %, achieving the microbiological goals for 2011 by the Company in this beer filling area.

Keywords: Beer, Beer contaminant microorganisms, Filling kegs beer, *Total Productive Management*, FTR-Micro Indicators, Microbiological Defects Reduction Route.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	- v -
RESUMO ...	- vii -
ABSTRACT	- ix -
ÍNDICE GERAL	- xi -
ÍNDICE DE FIGURAS	- xvii -
ÍNDICE DE TABELAS	- xxi -
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	- xxiii -
1. INTRODUÇÃO	- 1 -
1.1 JUSTIFICAÇÃO DO TEMA E OBJECTIVOS GERAIS	- 2 -
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	- 3 -
2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	- 5 -
2.1 SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS, S.A.	- 6 -
2.1.1 Apresentação	- 6 -
2.1.2 História	- 6 -
2.1.3 Produtos	- 7 -
2.1.4 Enquadramento no mercado consumidor	- 8 -
2.1.5 Instalações fabris – Fábrica de Vialonga	- 9 -
2.1.6 Gestão da Qualidade na SCC	- 10 -
2.1.6.1 Normas ISO	- 10 -
2.1.6.2 O TPM na SCC	- 11 -
2.1.6.3 Certificação <i>Laboratory Star System</i>	- 13 -
3. ABORDAGEM TEÓRICA	- 15 -
3.1 A CERVEJA	- 16 -
3.1.1 Definição	- 16 -
3.1.2 Matérias-primas	- 16 -
3.1.3 O processo cervejeiro	- 17 -
3.2 QUALIDADE DA CERVEJA	- 20 -
3.2.1 Definição de qualidade alimentar	- 20 -
3.2.2 Qualidade da cerveja	- 21 -
3.3 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA CERVEJA	- 22 -

3.3.1	Defeitos de origem microbiológica.....	- 22 -
3.3.2	Microrganismos contaminantes da cerveja	- 24 -
3.3.2.1	Bactérias prejudiciais.....	- 25 -
3.3.2.2	Leveduras prejudiciais.....	- 27 -
3.3.3	Avaliação das principais fontes de contaminação microbiológica.....	- 27 -
3.3.4	Garantia da qualidade microbiológica da cerveja	- 29 -
3.4	SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE - TPM	- 30 -
3.4.1	Definição.....	- 30 -
3.4.2	Objectivos, benefícios e fundamentos.....	- 30 -
3.4.3	Indicadores-chave de desempenho.....	- 32 -
3.4.4	Programas e ferramentas de suporte ao TPM.....	- 33 -
3.4.4.1	Programa 5S	- 33 -
3.4.4.2	<i>Kaisen</i>	- 34 -
3.4.4.3	Ciclos de Melhoria Contínua (PDCA) e Uniformização (SDCA).....	- 34 -
3.4.4.4	Fluxograma.....	- 35 -
3.4.4.5	<i>Brainstorming</i>	- 36 -
3.4.4.6	Diagrama de Causa e Efeito	- 36 -
3.4.4.7	Diagrama de Pareto	- 36 -
3.4.4.8	Análise dos “5 Porquês”	- 37 -
3.4.4.9	Lição de Um Ponto (L.U.P.).....	- 37 -
3.4.4.10	Matrizes de Controlo de Defeitos (QA, QX e QM)	- 37 -
3.4.4.11	<i>Checklists</i> (Listas de verificação).....	- 38 -
3.4.4.12	Programas de auditorias	- 39 -
3.4.4.13	Normas ISO.....	- 39 -
3.4.5	Estrutura do TPM.....	- 39 -
3.4.6	Implementação do TPM.....	- 43 -
3.5	GESTÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA CERVEJA PELO TPM.....	- 44 -
3.5.1	Planeamento da qualidade microbiológica.....	- 45 -
3.5.2	Controlo e garantia da qualidade microbiológica.....	- 46 -
3.5.2.1	Requisitos laboratoriais	- 46 -
3.5.2.1.1	Métodos e meios de cultura	- 48 -
3.5.2.1.2	Ensaio de comparação interlaboratorial	- 48 -
3.5.2.2	Requisitos de fabrico	- 49 -
3.5.2.2.1	Serviços de limpeza e desinfecção.....	- 49 -

3.5.2.2.2	Agentes de limpeza.....	- 50 -
3.5.2.2.3	Sistemas de limpeza e desinfecção de equipamentos e circuitos.....	- 51 -
3.5.2.2.4	Sistemas de limpeza e desinfecção interna de barris	- 52 -
3.5.2.2.5	Desenho higiénico das instalações e equipamentos	- 53 -
3.5.2.3	Requisitos de pasteurização.....	- 55 -
3.5.2.4	Programas base do TPM.....	- 55 -
3.5.2.4.1	Programa 5S e actividades MA e MP	- 55 -
3.5.2.4.2	Programas de auditorias.....	- 56 -
3.5.3	Melhoria da qualidade microbiológica.....	- 56 -
4.	A ÁREA DE ENCHIMENTO DE BARRIS DE CERVEJA NA SCC.....	- 59 -
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE BARRIS.....	- 60 -
4.1.1	Barris de cerveja.....	- 61 -
4.1.2	Processo de enchimento de cerveja em barril	- 62 -
4.2	O TPM NA ÁREA DOS BARRIS	- 69 -
4.3	PROGRAMAS DE HIGIENIZAÇÃO.....	- 69 -
4.4	ANÁLISE E AMOSTRAGENS PARA CONTROLO DE PROCESSOS	- 71 -
4.4.1	Controlo operacional dos processos pelos operadores	- 71 -
4.4.2	Controlo físico-químico	- 73 -
4.4.3	Controlo microbiológico e organoléptico.....	- 73 -
4.5	DESEMPENHO MICROBIOLÓGICO NA ÁREA DE BARRIS	- 77 -
5.	METODOLOGIA DE APLICAÇÃO	- 79 -
5.1	ENQUADRAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	- 80 -
5.2	OBJECTIVOS.....	- 80 -
5.3	CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA.....	- 81 -
5.4	MÉTODOS	- 83 -
5.4.1	Ferramentas TPM.....	- 83 -
5.4.2	Fluxograma do processo.....	- 85 -
5.4.3	Análise preliminar de dados.....	- 86 -
5.4.4	Métodos laboratoriais.....	- 87 -
5.4.4.1	Análises microbiológicas de controlo de rotina.....	- 87 -
5.4.4.1.1	Filtração por membrana	- 87 -
5.4.4.1.2	Sementeira de membranas filtrantes	- 87 -

5.4.4.1.3	Pesquisa de microrganismos aeróbios	- 88 -
5.4.4.1.4	Pesquisa de bactérias ácido lácticas.....	- 88 -
5.4.4.1.5	Pesquisa de bactérias anaeróbias estritas	- 88 -
5.4.4.2	Análises físico-químicas de controlo de rotina.....	- 89 -
5.4.4.2.1	Concentração da solução ácida de C.I.P de barris	- 89 -
5.4.4.2.2	Concentração em carbonatos e causticidade da soda de C.I.P barris....	- 89 -
5.4.4.3	Análises laboratoriais de controlo extra rotina	- 90 -
5.4.4.3.1	Recolha e análise microbiológica de CO ₂ e gases	- 90 -
5.4.4.3.2	Recolha e análise microbiológica de soluções e água de higienização..	- 90 -
5.4.4.3.3	Recolha e análise microbiológica de água de entrada em recirculação .	- 90 -
5.4.4.3.4	Recolha e análise microbiológica de águas de enxaguamento final	- 91 -
5.4.4.3.5	Bioluminescência.....	- 91 -
5.4.4.3.6	Carência Química em Oxigénio (CQO).....	- 92 -
6.	ABORDAGEM EXPERIMENTAL	- 93 -
6.1	PASSO 1 - IDENTIFICAÇÃO DA ORIGEM DOS DEFEITOS	- 94 -
6.1.1	Auditar o laboratório de Microbiologia	- 94 -
6.1.2	Análise do histórico de resultados.....	- 94 -
6.1.3	Construção da Matriz QA preliminar.....	- 109 -
6.1.4	Recolha de amostras e análise de dados.....	- 113 -
6.2	PASSO 2 - RESTABELECIMENTO DAS CONDIÇÕES BÁSICAS	- 131 -
6.3	PASSO 3 - DESCOBRIR AS PRINCIPAIS CAUSAS DE DEFEITO.....	- 133 -
6.3.1	Análise dos 5 porquês	- 133 -
6.3.2	Elaboração da Matriz QA definitiva	- 138 -
6.4	PASSO 4 – IMPLEMENTAÇÃO DE ACCÇÕES DE MELHORIA.....	- 139 -
6.4.1	Criação de instruções de trabalho.....	- 139 -
6.4.2	Propostas de melhoria	- 139 -
6.4.3	Registo gráfico dos resultados obtidos.....	- 140 -
6.5	PASSO 6 – MELHORAR O SISTEMA PARA MANTER OS “GANHOS”	- 143 -
7.	CONCLUSÕES E PRESPECTIVAS FUTURAS	- 149 -
	BIBLIOGRAFIA.....	- 155 -

AEXOS	- 159 -
ANEXO I – Plano de acção da equipa FTR LBC	- 160 -
ANEXO II – Tese Matriz QA preliminar.....	- 161 -
ANEXO III – Matriz QA preliminar	- 168 -
ANEXO IV – Tese Matriz QA definitiva	- 169 -
ANEXO V – Matriz QA definitiva	- 177 -
ANEXO VI – L.U.P Plano de amostragem de barris para análises laboratoriais.....	- 178 -
ANEXO VII – L.U.P Inspeção de barris na zona de rejeitados das linhas de enchimento	- 179 -
ANEXO VIII – L.U.P Correcta montagem de pontos de amostragem para Microbiologia.	- 180 -
ANEXO IX – L.U.P Proposta de melhoria de alteração da planta da zona de rejeição de barris vazios de cerveja	- 181 -

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fábrica de Vialonga	- 6 -
Figura 2.2 – Evolução das quotas de valor no mercado Nacional das marcas de cerveja Sagres (SCC) e Super Bock (Unicer) desde Janeiro de 2003 até Maio de 2010	- 9 -
Figura 2.3 – Planta da Fábrica de Vialonga	- 10 -
Figura 2.4 – Organograma TPM actualmente em vigor na SCC	- 12 -
Figura 3.1 – Tina de molha	- 18 -
Figura 3.2 – Caixa para germinação.....	- 18 -
Figura 3.3 – Tanques de propagação de levedura	- 19 -
Figura 3.4 – Fermentadores Asahi (cilíndricos).....	- 19 -
Figura 3.5 – Tanques de maturação (ou gurada).....	- 19 -
Figura 3.6 – Tanques de Cerveja Filtrada (T.C.F's)	- 19 -
Figura 3.7 – Pasteurizador <i>Flash</i>	- 20 -
Figura 3.8 – Pasteurizador “Túnel”	- 20 -
Figura 3.9 – Aplicação conjunta dos ciclos SDCA e PDCA na melhoria contínua do desempenho	- 35 -
Figura 3.10 – Interligação das Matrizes QA, QX e QM no sistema de Gestão da Qualidade.	- 39 -
Figura 3.11 – Templo TPM, com os 8 Pilares. Na base de cada Pilar está o programa 5S....	- 40 -
Figura 3.12 – Etiquetas de anomalias.....	- 42 -
Figura 3.13 – Alguns erros cometidos na construção de tubulações higiénicas.....	- 54 -
Figura 4.1 – Zona de enchimento de barris.....	- 61 -
Figura 4.2 – Exemplar de uma vareta de barril	- 62 -
Figura 4.3 – Diferentes zonas de permuta de calor do <i>Flash</i>	- 62 -
Figura 4.4 – Percurso exemplificativo da cerveja em T.C.F. até às linhas de enchimento de cerveja em barril.....	- 63 -
Figura 4.5 – Diagrama do percurso da cerveja desde o T.C.F. até às linhas de enchimento de cerveja em barril.....	- 63 -
Figura 4.6 – Lavadora externa de barris.....	- 64 -
Figura 4.7 – Pré-lavadora de lavagem interna.....	- 64 -
Figura 4.8 – Linha de enchimento de cerveja em barril.....	- 65 -
Figura 4.9 – Percurso dos barris vazios retornáveis até às linhas de enchimento	- 66 -
Figura 4.10 – Rejeição dos barris vindos das linhas de enchimento	- 67 -
Figura 4.11 – Etiquetadora de barris	- 68 -
Figura 4.12 – Balança de pesagem final	- 68 -
Figura 4.13 – Máquina de reatesto de barris	- 68 -
Figura 4.14 – Máquina tamponadora de barris.....	- 68 -

Figura 4.15 – Zona de rejeição/reparação de barris cheios e recuperação de cerveja.....	68 -
Figura 4.16 – Paletizadora de barris cheios.....	68 -
Figura 4.17 – Percurso dos barris cheios de cerveja desde as linhas de enchimento até à paletizadora	68 -
Figura 4.18 – Resultados das auditorias aos 5S na área de barris no ano de 2011.....	69 -
Figura 4.19 – Amostragem de cerveja à saída do <i>Flash</i> (SF) e no Tanque Tampão (TT) para controlo microbiológico de rotina	74 -
Figura 4.20 – Amostragem de cerveja em barril para controlo microbiológico.....	74 -
Figura 4.21 – Amostragem de barris lavados e esterilizados para controlo microbiológico..	75 -
Figura 5.1 – Evolução do indicador FTR Micro LBC (%) até à Semana 14 de 2011 em valor semanal e acumulado	80 -
Figura 5.2 – Desdobramento do indicador FTR Micro em termos de enchimento de linhas <i>Flash</i> e respectivos objectivos propostos	81 -
Figura 5.3 – <i>Team Initial Report</i>	82 -
Figura 5.4 – Rota de Redução dos Defeitos Microbiológicos da <i>Solving Efeso/Heineken</i> ...	84 -
Figura 5.5 – <i>Master Plan</i> da equipa FTR Micro LBC	83 -
Figura 5.6 – Quadro de actividades da equipa de melhoria do indicador FTR Micro LBC....	85 -
Figura 5.7 – Fluxograma do processo de enchimento de cerveja em barril	86 -
Figura 6.1 – Tipo de contaminação nas amostras de cerveja em barril fora de especificação microbiológica desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011 (58 amostras).....	96 -
Figura 6.2 – Desempenho microbiológico por máquina de enchimento desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011	97 -
Figura 6.3 – “Plano de amostragem” de barris de cerveja cheios para análises laboratoriais	98 -
Figura 6.4 – Resultados microbiológicos por tipo de barril desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011	99 -
Figura 6.5 – Desempenho microbiológico (% FTR Micro) das enchedoras por tipo de barril de cerveja cheio	100 -
Figura 6.6 – Desempenho microbiológico do processo de lavagem/esterilização de barris vazios nas enchedoras desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011.....	101 -
Figura 6.7 – Correlação do desempenho microbiológico do processo de lavagem/esterilização de barris nas enchedoras por tipo de barril.....	103 -
Figura 6.8 – Percentagem de amostras de cerveja dentro de especificação microbiológica à saída do <i>Flash</i> e no Tanque Tampão desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011.	105 -
Figura 6.9 – Percentagem de amostras de cerveja em barril cheio fora de especificação com resultados não aceitáveis à saída do <i>Flash</i> e/ou no TT, desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011	107 -

Figura 6.10 – Fluxograma do processo de enchimento de barris de cerveja com correlação das potenciais causas de defeitos microbiológicos	- 110 -
Figura 6.11 – Diagrama de Pareto correlacionado os modos de defeitos microbiológicos com as principais fases do processo de enchimento de cerveja em barril da Matriz QA preliminar	- 111 -
Figura 6.12 – Peso dos 5M em cada fase do processo de enchimento de barris de cerveja derivado da Matriz QA preliminar	- 113 -
Figura 6.13 – Sistemas de vedação dos bicos de enchimento após a sua higienização.....	- 117 -
Figura 6.14 – Evolução da concentração em soda livre (causticidade) e em carbonatos da soda da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 30 L <i>Foster's</i>	- 118 -
Figura 6.15 – Evolução da concentração em soda livre (causticidade) e em carbonatos da soda da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L Sagres Branca	- 119 -
Figura 6.16 – Evolução da condutividade da soda da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L Sagres Branca.....	- 119 -
Figura 6.17 – Evolução da concentração em soda livre (causticidade) e em carbonatos da soda da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L Sagres Branca. ..	- 121 -
Figura 6.18 – Evolução da condutividade da soda da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L Sagres Branca.....	- 122 -
Figura 6.19 – Evolução da CQO em soda de C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris de cerveja 50 L Sagres Branca.....	- 122 -
Figura 6.20 – Aspecto visual de sodas da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L Sagres Branca.....	- 123 -
Figura 6.21 – Percurso dos barris rejeitados da pré-lavadora.. ..	- 125 -
Figura 6.22 – Comparação dos tempos dos principais passos do programa de limpeza/sterilização entre enchedoras	- 129 -
Figura 6.23 – Comparação dos tempos de enxaguamento com água e tratamento ácido antes e após a sua harmonização.	- 130 -
Figura 6.24 – Comparação entre os desempenhos microbiológicos do processo de lavagem/esterilização para barris de 50 L antes e após a harmonização dos programas.	- 131 -
Figura 6.25 – Soldaduras em mau estado no interior do Tanque Tampão 2+3.....	- 132 -
Figura 6.26 – Placas desalinhadas no <i>Flash</i> 2+3, com evidente quebra de cerveja.	- 132 -
Figura 6.27 – Etiquetas de anomalias LBC.....	- 133 -
Figura 6.28 – Diagrama de causa-efeito equipa FTR Micro LBC	- 134 -
Figura 6.29 – Análise 5 Porquês	- 137 -

Figura 6.30 – Diagrama de Pareto correlacionando os modos de defeitos microbiológicos com as principais fases do processo de enchimento de cerveja em barril da Matriz QA definitiva	-138
Figura 6.31 – Evolução do indicador FTR Micro LBC após as intervenções da equipa - 140 -
Figura 6.32 – Evolução do FTR Micro LBC Máquina de enchimento 1 desde a abertura a até ao fecho da equipa - 141 -
Figura 6.33 – Evolução do FTR Micro LBC Máquina de enchimento 2 desde a abertura a até ao fecho da equipa - 141 -
Figura 6.34 – Evolução do FTR Micro LBC Máquina de enchimento 3 desde a abertura a até ao fecho da equipa - 142 -
Figura 6.35 – Evolução do FTR Micro LBC Máquina de enchimento 4 desde a abertura a até ao fecho da equipa - 142 -
Figura 6.36 – <i>Trigger Point</i> FTR Micro LBC. - 143 -
Figura 6.37 – Matriz QX da pré-lavadora e das máquinas enchedoras de barris. - 145 -
Figura 6.38 – Matriz QM para as máquinas pré-lavadora e enchedora de barris. - 146 -
Figura 6.39 – Matriz QM para o sistema de medição dos parâmetros operacionais da pré-lavadora e máquinas enchedoras de barris.. - 147 -

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – N.º de linhas de enchimento de cerveja existente na Fábrica de Vialonga e respectivo tipo de enchimento e cadência horária da linha	- 10 -
Tabela 3.1 – Principais objectivos do TPM	- 31 -
Tabela 3.2 – Principais diferenças entre equipas <i>Kaisen</i> , equipas de melhoria específica e equipas de projecto de melhoria	- 34 -
Tabela 3.3 – As 16 grandes perdas do processo produtivo	- 40 -
Tabela 3.4 – Fases e etapas de implementação do TPM	- 44 -
Tabela 3.5 – Definição de parâmetros dos indicadores de microbiologia	- 45 -
Tabela 3.6 – Controlo de rotina típico de contaminantes microbiológicos nas várias fases do processo de fabrico da cerveja	- 47 -
Tabela 4.1 – Tipos de barris de cerveja que enchem na Fábrica de Vialonga.....	- 61 -
Tabela 4.2 – Programa base de C.I.P. interna de barris	- 66 -
Tabela 4.3 – Programa 1 C.I.P. circuitos/equipamentos (1x/Semana)	- 70 -
Tabela 4.4 – Programa 2 C.I.P. circuitos/equipamentos (Final Turno)	- 70 -
Tabela 4.5 – Valores de especificação das U.P.'s em cerveja.....	- 71 -
Tabela 4.6 – Valores de especificação de CO ₂ e O ₂ dissolvido em cerveja.....	- 72 -
Tabela 4.7 – Valores de especificação do processo de lavagem interna de barris	- 73 -
Tabela 4.8 – Plano de controlo físico-químico na área de barris de cerveja.....	- 76 -
Tabela 4.9 – Plano de controlo microbiológico e organoléptico na área de barris de cerveja .	-76-
Tabela 4.10 – Plano de controlo de parâmetros operacionais na área de barris de cerveja.....	-77-
Tabela 5.1 – Equipa de melhoria específica do indicador microbiológico das linhas de enchimento de barris de cerveja (equipa de melhoria FTR Micro LBC).....	- 82 -
Tabela 6.1 – Resultados microbiológicos das linhas de barris relativos a 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011.....	- 96 -
Tabela 6.2 – Resultados microbiológicos por máquina de enchimento e tipo de barril de cerveja relativos a 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011	- 99 -
Tabela 6.3 – Resultados microbiológicos do processo de limpeza/esterilização de barris por máquina de enchimento relativos a 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011	- 102 -
Tabela 6.4 – Resultados microbiológicos em TCF e/ou antes do <i>Flash</i> e à saída do <i>Flash</i> -	106 -
Tabela 6.5 – Compilação dos defeitos em aeróbios em barris lavados e em cerveja à saída do <i>Flash</i> , em TT e em barril cheio, por máquina, desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011	- 107 -
Tabela 6.6 – Contribuição individual dos defeitos em aeróbios em barris lavados e em cerveja à saída do <i>Flash</i> e em TT sobre os defeitos totais observados em cerveja em barril cheio desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011	- 108 -

Tabela 6.7 – <i>Checklist</i> para validação de hipóteses de modos de defeito da tese da Matriz QA preliminar. Indicação dos respectivos resultados e acções a tomar caso necessário.....	- 114 -
Tabela 6.8 – Leitura RLU aos bicos de enchimento das máquinas enchedoras.....	- 117 -
Tabela 6.9 – Resultados microbiológicos de amostragens de soda da C.I.P. interna de barris.....	- 118 -
Tabela 6.10 – Resultados microbiológicos da soda da C.I.P. interna ao longo de um turno de enchimento de barris de cerveja 50 L Sagres Branca (8h-16h).....	- 124 -
Tabela 6.11 – Resultados químicas de amostras de soda de barris saídos da pré-lavadora .	- 126 -
Tabela 6.12 – Programa de lavagem/esterilização de barris vazios nas máquinas 1 e 4.....	- 128 -
Tabela 6.13 – Programa de lavagem/esterilização de barris vazios nas máquinas 2 e 3.....	- 129 -
Tabela 6.14 – Resultados microbiológicos de barris lavados de 50 L antes e após a harmonização dos programas de higienização das máquinas 2 e 3.....	- 131 -

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5M	Material, Máquina, Método, Mão-de-Obra, Meio-Ambiente
APCER	Associação Portuguesa de Certificação
BC	Barris de Cerveja
C.I.P.	<i>Cleaning In Place</i> (Higienização no local)
CQO	Carência Química em Oxigénio
C.O.P.	<i>Cleaning Off Place</i> (Higienização fora do local)
FT	Formação e Treino
FTR	<i>First-Time-Right</i> (Fazer bem à primeira)
HSA	Higiene, Segurança e Ambiente
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização)
KPI	<i>Key-Performance indicator</i> (Indicador-chave de desempenho)
LBC	Linhas de Barris de Cerveja
LSS	<i>Laboratory Star System</i> (Sistema de certificação dos laboratórios da <i>Heineken</i>)
L.U.P.	Lição de Um Ponto
MA	Manutenção Autónoma
ME	Melhorias Específicas
MP	Manutenção Planeada
MTI	Manual Técnico Industrial
NBB-C	<i>Nachweis Medium fur Bierschadlichen Bakterian Concentrate</i> (Meio para detecção de bactérias ácido lácticas, <i>Pectinatus</i> spp. e <i>Megasphaera</i> spp.)
O.W.	<i>One Way</i> (Tara Perdida)
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i> (Planear, Fazer, Verificar, Agir)
pH	Potencial hidrogeniónico
QA	<i>Quality Assurance</i> (Garantia da Qualidade)

QM	<i>Quality Maintenance</i> (Manutenção da Qualidade)
RLU	<i>Relative Light Units</i> (Unidade Relativa de Luz)
SAL	Sociedade da Água de Luso, S.A.
SAP	<i>Systems, Applications and Products in Data Processing</i> (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados)
SAP QM	<i>Systems, Applications and Products in Data Processing for Quality Management</i> (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados para Gestão da Qualidade)
SAP BW	<i>Systems, Applications and Products in Data Processing for Business Warehouse</i> (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados e outras Aplicações de Negócio)
SF	Saída do <i>Flash</i> (Saída do Pasteurizador)
SCC	Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.
SDCA	<i>Standard, Do, Check, Act</i> (Padronizar, Fazer, Verificar, Agir)
SKU's	<i>Stock Keeping Units</i> (Unidade de Manutenção em <i>Stock</i>)
T.C.F.	Tanque de Cerveja Filtrada
TPM	<i>Total Productive Management</i> (Gestão Produtiva Total)
TT	Tanque Tampão
ufc's	Unidades Formadoras de Colónias
U.P.'s	Unidades de Pasteurização
WLN	<i>Wallerstein Nutrient Agar</i> (Meio para detecção de bactérias aeróbias e leveduras prejudiciais)

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICAÇÃO DO TEMA E OBJECTIVOS GERAIS

Ao longo dos anos a qualidade tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais fundamental na sobrevivência e sucesso competitivo das organizações. A indústria cervejeira não é excepção, tendo como objectivo principal fornecer um produto de elevada qualidade para fazer face à competitividade e para satisfazer as necessidades dos seus clientes e consumidores.

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida em Portugal, sendo os portugueses considerados um povo apreciador de uma “boa cerveja” e, por isso, particularmente exigente quanto à sua qualidade. De entre os principais requisitos percebidos pelo consumidor para uma cerveja de qualidade encontram-se sobretudo aqueles relacionados com as suas propriedades organolépticas (cor, limpidez, brilho, ausência de *flavours* desagradáveis, etc.). No entanto, tais requisitos podem ser afectados negativamente por contaminações microbiológicas, o que pode comprometer seriamente a imagem da cerveja ou da Empresa que a produz junto do mercado.

Neste sentido, o foco principal do Pilar da Qualidade da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A. está na garantia da qualidade microbiológica da sua cerveja, demonstrando a grande importância que lhe é dada. A qualidade microbiológica dos seus produtos é, aliás, uma das preocupações principais da SCC, cujo desempenho permitirá alinhar a Empresa nos seus objectivos estratégicos de foco na marca e foco no cliente e consumidor, garantido a sua total satisfação. Para tal, o Pilar da Qualidade tem como principal objectivo assegurar e melhorar continuamente os níveis de qualidade microbiológica em todas as fases do processo de fabrico da cerveja, monitorizando-os através de indicadores-chave de desempenho. Desta forma permitirá garantir a elevada estabilidade microbiológica do produto que é lançado no mercado, isto é, dentro dos parâmetros de especificação microbiológicos, prestigiando a marca Sagres e fornecendo o melhor produto aos seus clientes e consumidores. O desempenho dos níveis microbiológicos é definido em termos do indicador FTR Micro (*First-Time-Right*, “Fazer bem à primeira”), estando estabelecido como objectivo para 2011 atingir um desempenho microbiológico na área de enchimento de barris de cerveja de 97 %, em toda a área de enchimento (barris e garrafas) de 94 % e em toda a área de produção e enchimento da Fábrica de 80 % (FTR Micro geral).

Desta forma, melhorar uma etapa do processo cervejeiro que esteja a ter um desempenho microbiológico abaixo dos valores estabelecidos é uma forma de assegurar que os objectivos

gerais de desempenho microbiológico da Empresa não sejam afectados. Por esta razão, o objectivo principal deste trabalho prendeu-se precisamente com a melhoria do desempenho microbiológico do processo de enchimento de cerveja em barril, o qual estava a ter resultados abaixo dos pretendidos, de forma a minimizar o seu potencial impacto negativo num dos principais objectivos estratégicos da Empresa (FTR Micro geral).

Capítulo 2

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

2.1 SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS, S.A.

2.1.1 Apresentação

A Empresa onde se desenvolveu todo o trabalho que conduziu à elaboração da presente Dissertação é a Sociedade Central de Cervejas, S.A. (SCC), pertencente ao Grupo Internacional Cervejeiro *Heineken*, e cuja principal actividade é a produção e comercialização de malte, cervejas, águas e refrigerantes. Esta Empresa possui sede social e fábrica em Vialonga, concelho de Vila Franca de Xira (Portugal), onde são produzidas e engarrafadas as marcas de cerveja Sagres e as suas variantes, com e sem álcool, a marca Imperial, bem como outras específicas para clientes e mercados de exportação (Figura 2.1). Do Grupo SCC faz igualmente parte a Sociedade da Água de Luso, S.A. (SAL), detendo as unidades industriais do Luso e da Vacariça, onde são captadas as águas minerais e de nascente Luso e Cruzeiro, respectivamente, e as Termas do Luso (SCC, www.centralcervejas.pt).



Figura 2.1 - Fábrica de Vialonga. É o local onde são produzidas as cervejas da marca Sagres.

A SCC tem como missão “ser a melhor empresa portuguesa de bebidas com um crescimento sustentado e com uma contínua melhoria da Quota em valor do mercado de bebidas”. “Juntos, fazemos as marcas líderes que as pessoas adoram beber” é a sua visão. Como principais objectivos estratégicos definidos estão o foco na marca, no consumidor e no cliente, numa cultura ganhadora, na eficiência operacional e na inovação (SCC, www.centralcervejas.pt).

2.1.2 História

A SCC foi fundada em 1934 por quatro das mais antigas e prestigiadas cervejeiras portuguesas: Portugália, Estrela, Coimbra e *Jansen*. Um ano depois foi integrado o património da Fábrica de Cervejas Trindade e posteriormente, em 1977, funde-se com a Cergal – Cervejas

de Portugal, constituindo a empresa pública Central de Cervejas, E. P. ou Centralcer. A privatização apenas ocorreu em 1990 com controlo accionista pelo Grupo colombiano Bavaria.

Em 2000, ocorre nova alteração no capital accionista através da sua aquisição por um grupo de investidores portugueses (Portugália, BES, Fundação Bissaya Barreto, Olinveste e Fundação Oriente). Entretanto, no mesmo ano, este grupo acaba por ceder 49 % das acções ao grupo cervejeiro internacional *Scottish & Newcastle*, que em 2003 passa a deter o total das acções.

Em 2001 ocorre a incorporação da Centralcer na Centralcontrol S.G.P.S., S.A. A nova entidade resultante da fusão altera a sua denominação para SCC - Sociedade Central de Cervejas, S.A., bem como a sua sede, que é transferida de Lisboa para a Fábrica de Vialonga.

Em 2004 a Empresa assume a designação de SCC- Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A., confirmando a sua nova postura como uma empresa dedicada à produção e distribuição de bebidas como águas e refrigerantes, e não somente de cervejas.

Em 2008, o Grupo cervejeiro holandês *Heineken*, líder europeu e uma das maiores empresas cervejeiras do mundo, adquire 100 % da *Scottish & Newcastle*. Desde então até à presente data a SCC faz parte integrante do Grupo *Heineken*, beneficiando das suas competências e exigências através do alinhando com as suas políticas (Sobral, 2006; Pombeiro, 2008).

2.1.3 Produtos

O Grupo SCC fabrica e comercializa uma grande variedade de produtos, desde cervejas, sidras, refrigerantes ou águas, sendo as principais marcas a Sagres, *Heineken* e Luso. Em 2010 a SCC produziu um total de 3,136 milhões de hectolitros de cerveja e a SAL produziu 2,136 milhões de hectolitros de água (SCC, www.centralcervejas.pt). De seguida são apresentadas as várias marcas e tipos de bebidas da SCC (SCC, www.centralcervejas.pt):

- **Cerveja Sagres** – Foi criada em 1940 como cerveja de prestígio para representar a SCC na “Exposição do Mundo Português”. Do portfólio da marca Sagres fazem parte as cervejas:
 - **Sagres Branca**, uma cerveja *Lager*¹ tipo *Pilsen*, de cor dourada, levemente encorpada, de carácter seco e amargo moderado, complementado com subtis notas de aromas frutados. Existe nas variantes com álcool (5,0 % vol.) e sem álcool (0,3 % vol.).

¹ Cerveja fermentada e maturada a temperaturas relativamente baixas, com levedura de fermentação baixa. É uma cerveja leve, geralmente representada pelos tipos *Pilsen*, de cor clara dourada, e *Munich*, de cor escura. É o tipo de cerveja mais popular entre os consumidores portugueses.

- **Sagres Preta**, uma cerveja *Lager* tipo *Munich*, de cor escura, medianamente encorpada, com *flavour* a torrado e caramelo e um teor alcoólico de 4,3 % vol.
 - **Sagres Bohemia**, lançada em 2005, é uma cerveja ruiva encorpada, com um aroma frutado intenso, levemente amarga e com um teor de álcool de 6,2 % vol.
 - **Sagres Panaché**, lançada em 2010, consiste numa cerveja leve, com um intenso e frutado aroma de limão e um baixo teor alcoólico (0,8 % vol.).
 - **Sagres Preta Chocolate**, surgiu no mercado em 2011, uma edição especial limitada que mistura o toque de caramelo da cerveja Preta, com o intenso aroma de chocolate.
- **Cerveja Heineken** – Cerveja cuja SCC é distribuidora oficial em Portugal. É uma cerveja *Lager* tipo *Pilsen*, com amargor equilibrado e sabor refrescante (teor alcoólico de 5,0 % vol).
 - **Outras Cervejas** – *Foster's* (cerveja *Lager* australiana), *Guinness* (cerveja *Ale*² irlandesa), *Kilkenny* (cerveja *Ale* irlandesa), *John Smith's* (cerveja *Ale* inglesa), *Bud* (cerveja *Lager* americana) e *Desperados* (cerveja com Tequilha originária da França) são, tal como a cerveja *Heineken*, marcas internacionais cuja SCC é distribuidora oficial em Portugal. Além destas, a SCC é também responsável pela distribuição da *Jansen*, *Cergal* e *Imperial*.
 - **Água do Luso** – Água mineral natural da Serra do Buçaco que ostenta desde 2000 marca de Produto Certificado. Da gama de águas (e refrigerantes) Luso encontram-se disponíveis no mercado a Formas Luso, Ritmo Luso e, mais recentemente, a Luso Fruta.
 - **Água do Cruzeiro** – Água de nascente que apresenta-se nas variedades lisa e com gás.
 - **Outras bebidas** – Sidras (*Strongbow* e *Bulmers*) e refrigerantes (*Jói* e gama *Schweppes*).

Em termos de Unidades de Manutenção em *Stock* (SKU's, *Stock Keeping Unit*) de cerveja Sagres a SCC trabalha com quatro tipos: Garrafas Retornáveis (0,20 L e 0,33 L), Garrafas Tara Perdida (O.W., *One Way*) (0,20 L; 0,25 L; 0,33 L; 0,355 L e 1 L), Latas (0,25 L; 0,33 L; 0,355; 0,50 L) e Barris (5 L; 20 L; 30 L e 50 L).

2.1.4 Enquadramento no mercado consumidor

Em Portugal existem sete fábricas de cerveja, sendo a SCC a cervejeira líder do mercado Nacional, apresentando em Maio de 2010 uma quota de mercado de 49,3 % contra 48,4 % da

² Cerveja forte, produzida a temperaturas de cerca de 15-18 °C, normalmente de cor escura e com aromas pronunciados, fermentada com levedura de fermentação alta.

sua rival directa, a Unicer. Desde Outubro de 2008 que a cerveja Sagres detém a liderança do mercado Nacional, apresentando em Maio de 2010 uma quota de mercado, em valor, de 46,6 % contra 42,8 % da Super Bock (Figura 2.2), colocando-a como a marca de cerveja preferida para consumo dos portugueses (SCC, www.centralcervejas.pt). Igualmente a marca Água do Luso é líder de mercado Nacional de águas engarrafadas no segmento de águas lisas.

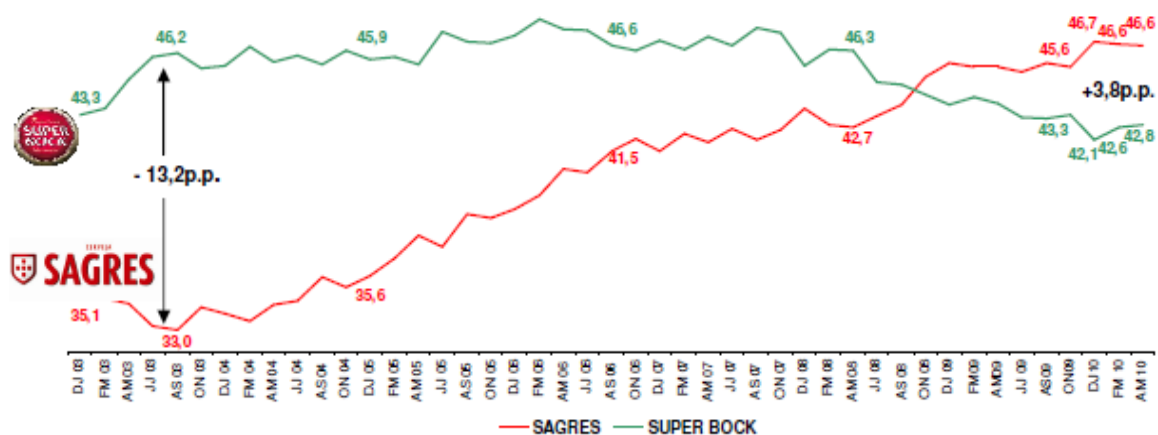


Figura 2.2 - Evolução das quotas de valor no mercado Nacional das marcas de cerveja Sagres (SCC) e Super Bock (Unicer) desde Janeiro de 2003 até Maio de 2010. O mercado Total inclui os canais INCIM (Horeca) e INA (Distribuição Moderna) (**Fonte:** SCC, www.centralcervejas.pt).

A nível internacional a SCC tem apostado forte nos últimos anos, tendo em 2010 o valor das vendas das exportações de cerveja aumentado 42 % face a 2009, com especial enfoque para o mercado angolano. Além de Angola, dos mercados externos com maior destaque nas vendas globais da SCC estão a Suíça, Luxemburgo e França. Com respeito à cerveja em barril, a SCC exporta barris *Foster's*, sobretudo para o mercado espanhol, e barris Sagres Branca de 50 L para a Alemanha, Angola, Suíça, Luxemburgo e França.

2.1.5 Instalações fabris – Fábrica de Vialonga

A Fábrica de Vialonga iniciou as suas actividades produtivas em 1968. O complexo fabril possui uma área total aproximada de 350 000 m² e 70 000 m² de área coberta, apresentando-se como a maior fábrica cervejeira do país, com uma capacidade de produção de cerca de 4,0 milhões HI/ano de cerveja e 52 mil Ton/ano de malte e com uma capacidade total de enchimento de 4,8 milhões HI/ano de cerveja (SCC, www.centralcervejas.pt).

A Fábrica pode, genericamente, ser dividida em oito zonas principais, tal como mostra a Figura 2.3. Relativamente à zona de Enchimento de cerveja, a fábrica possui 8 linhas de

enchimento (linha 1 – 6, linha BC – Barris de cerveja e linha R, antiga linha de enchimento de refrigerantes), conforme indicado na Tabela 2.1.

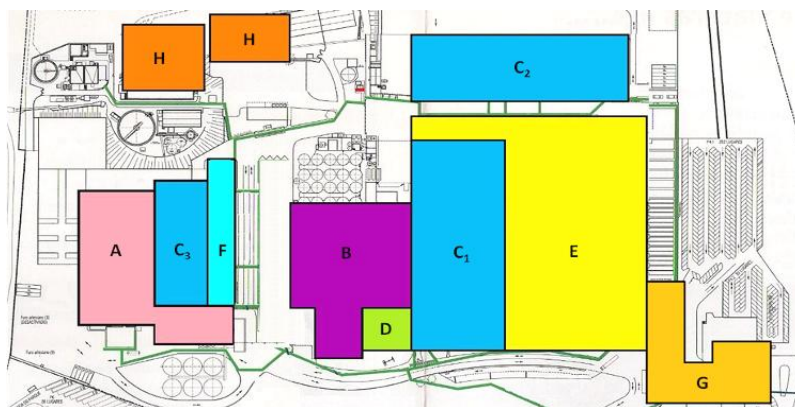


Figura 2.3 - Planta da Fábrica de Vialonga. **A** – Silos e Malteria; **B** – Produção de Cerveja (Brassagem, Propagação de Leveduras, Fermentação, Recuperação de CO₂, Adegas e Filtração); **C** – Enchimento de Cerveja (**C**₁ – Linhas 1-6; **C**₂ – Linha de Barris de Cerveja (BC); **C**₃ – Linha R e armazém de materiais); **D** – Laboratórios de Controlo da Qualidade e de Inovação e Desenvolvimento de Novos Produtos; **E** – Armazém de Produto Acabado; **F** – Sala de Desenho, Oficinas e Armazém de Assistência Técnica; **G** – Área Administrativa, *Marketing* e Serviços Sociais; **H** – ETAR e Parque de Resíduos.

Tabela 2.1 – N.º de linhas de enchimento de cerveja da Fábrica de Vialonga e respectivo tipo de enchimento e cadência horária.

N.º Linha	Tipo de enchimento	Cadência da linha por hora
1	Garrafas O.W. – 0,25 L ; 0,33 L	60 000
2	Garrafas Retornáveis – 0,20 L	52 000
3	Garrafas Retornáveis – 0,20 L ; 0,33 L	44 000 - 56 000
4	Latas – 0,25 L ; 0,33 L ; 0,50 L	28 000
5	Garrafas Retornáveis – 0,33 L	60 000
6	Garrafas O.W. – 0,20 L ; 0,25 L ; 0,33 L	60 000
BC	Barris – 20 L ; 30 L ; 50 L	680
R	Garrafas O.W. – 0,25 L e 1 L e Garrafas Retornáveis – 0,33 L	8 000 – 24 000

2.1.6 Gestão da Qualidade na SCC

2.1.6.1 Normas ISO

Em Junho de 1996 o Sistema de Qualidade da SCC foi certificado de acordo com a norma ISO:9001, pelo IPQ - Instituto Português da Qualidade. Em Abril de 2008, foi concedida, pela APCER – Associação Portuguesa de Certificação, a Certificação Ambiental de acordo com a

norma NP EN ISO 14001:2004. Já em Julho de 2011 os sistemas de Gestão da Segurança Alimentar da SCC e a SAL obtiveram certificação de acordo com a NP EN ISO 22000:2005, pela APCER, colocando a SCC como a primeira Empresa Cervejeira Nacional a receber esta distinção. Esta certificação evidencia o empenho da Empresa na obtenção de produtos de qualidade e seguros, decorrente da adopção de padrões elevados de conformidade alimentar.

2.1.6.2 O TPM na SCC

Em Outubro de 2004, por decisão do Dr. Alberto da Ponte, então presidente do Conselho de Administração da SCC, a Empresa implementa o TPM (*Total Productive Management*), programa originário do Japão, como modelo de referência para a Gestão da Produtividade Total, integrando a gestão de todos os sectores do sistema produtivo, incluindo a Qualidade, Manutenção, Segurança e Ambiente.

Até então, a Empresa apresentava um cenário de baixa produtividade, com desconhecimento por parte dos seus colaboradores dos objectivos estratégicos em termos de eficiência, qualidade e custos e “divórcio” entre a operação e manutenção, havendo necessidades de aumentar as competências dos colaboradores. Tal cenário constituiu o mote para a decisão de implementação do TPM como Sistema de Gestão ideal, que permitiria atingir o nível de excelência alcançado pelas melhores empresas do sector de bebidas, introduzindo uma cultura de espírito de equipa e melhores práticas de trabalho (organização, limpeza, eliminação das perdas e desperdícios, etc.). Após um processo de preparação, com formações adequadas em TPM, visitas a empresas que tinham o TPM implementado, criação de condições logísticas (sala TPM) e definição da estrutura organizacional e das áreas críticas, o projecto-piloto arrancou na área de enchimento, nomeadamente na linha 1 (garrafas O.W.), em Junho de 2005. A expansão às restantes linhas de enchimento teve início em Junho de 2006. Os bons resultados obtidos na área de enchimento conduziram ao alargamento do âmbito do projecto a outras áreas da fábrica, em 2007, nomeadamente a Filtração, seguindo-se as Adeegas e Brassagem, nos anos seguintes.

Em 2008, com a aquisição da SCC pelo seu actual grupo accionista, a *Heineken*, ocorreram profundas alterações no projecto TPM até então em prática, o que levou a que o processo de implementação do TPM recomeçasse praticamente do zero. Embora o conceito e as ferramentas fossem os mesmos, a metodologia TPM praticada pela *Heineken* apresentava algumas diferenças significativas em alguns aspectos, baseando-se em correntes mais modernas da filosofia japonesa. Neste sentido, a partir desse ano, foram feitos vários reajustes ao programa TPM de forma a estar alinhado com o modelo da *Heineken*.

A estrutura organizacional actual do TPM compreende, além de uma Secretaria de Apoio, um Comité de Direcção, responsável pela definição da estratégia e coordenação global do programa, tendo como director geral o Eng.º José Luís Mata Torres e como coordenador TPM o Eng.º Tiago Sampaio. Existem depois seis Sub-Comités, para cada um dos Pilares (departamentos TPM) implementados na SCC (Melhoria Específica; Manutenção Autónoma; Manutenção Planeada; Formação e Treino; Higiene, Segurança e Ambiente; e Qualidade). Cada Sub-Comité é responsável pela implementação e desenvolvimentos das actividades do seu Pilar em várias áreas da Fábrica. A Figura 2.4 mostra o actual organograma TPM da SCC.

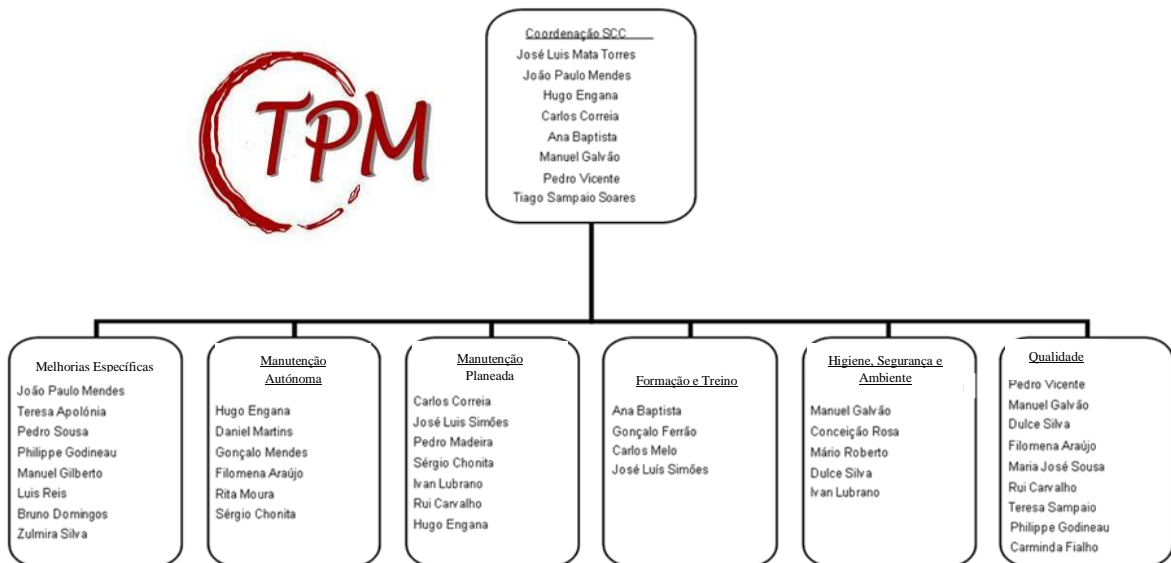


Figura 2.4 - Organograma TPM actualmente em vigor na SCC (2011).

Actualmente o programa TPM está em fase de expansão, estando implementado em praticamente todas as áreas da Fábrica, quanto mais não seja com programas base da qualidade (programa 5S). Nas áreas de Enchimento (todas as linhas), Filtração, Adegas e Brassagem, o programa TPM está em passos mais avançados, de acordo com a prioridade estabelecida. A área de Enchimento, por ter sido à partida considerada a área prioritária (onde ocorrem perdas mais significativas de maior impacte para a Empresa) é aquela que está numa fase de implementação do TPM mais avançada.

O empenho de todos na consolidação do TPM como filosofia de gestão total é visível em toda a fábrica, sendo estimulado através de vários prémios e reconhecimento de mérito às melhores equipas de trabalho e áreas que mais progrediram. De ano para ano tem aumentado o lançamento de equipas de melhoria em todos os Pilares TPM, o que demonstra a importância que é dada na procura e garantia dos objectivos TPM de forma a que a Empresa atinja elevados níveis de qualidade e produtividade, elevando-a a patamares de excelência.

O Pilar Qualidade é, dos seis pilares, o mais recente. Foi criado em 2009, já depois da aquisição da SCC pela *Heineken*, enquanto que os restantes foram criados em 2004. O Pilar Qualidade tem como visão garantir “zero defeitos” nos produtos e como principais missões:

- i. Produzir produtos de maior qualidade através da utilização mais eficaz das tecnologias avançadas disponíveis, perseguindo sempre o melhor equilíbrio entre qualidade e custo;
- ii. Garantir a satisfação dos consumidores monitorizando as reclamações e observações recepcionadas dos mercados;
- iii. Alterar a abordagem do controlo do produto final para o controlo das condições de processo (processos de qualidade conduzem a um produto de qualidade);
- iv. Criar as condições e procedimentos adequados de modo a incentivar os colaboradores na identificação e na erradicação das causas-raiz das perdas de qualidade.

2.1.6.3 Certificação *Laboratory Star System*

A 28 de Setembro de 2011, os laboratórios da Fábrica de Vialonga obtiveram certificação no âmbito *Laboratory Star System* (LSS), pela *Heineken*. O LSS é uma norma da *Heineken*, baseada na norma ISO:17025 de acreditação de laboratórios, sendo obrigatória no Grupo *Heineken*. A certificação abrange o controlo de cerveja, mosto, malte e refrigerantes (em apoio à produção da SAL), nas vertentes físico-química, microbiológica e organoléptica. O LSS passou a ser a nova forma de trabalhar nos laboratórios e uma garantia que a sua principal missão (dar resultados precisos e exactos aos seus clientes) seja cumprida.

Capítulo 3

ABORDAGEM TEÓRICA

3. ABORDAGEM TEÓRICA

3.1 A CERVEJA

3.1.1 Definição

A cerveja é uma bebida tradicional milenar de origem agrícola. A sua descoberta foi provavelmente feita por acaso aquando da fermentação espontânea da mistura de cereais moídos e fervidos em caldas, julgando-se datar de há 6000 a.C., na Suméria. Ao longo dos séculos a produção de cerveja foi aperfeiçoando-se, adaptando-se às exigências da actual sociedade moderna. Hoje em dia, é sem dúvida alguma a bebida alcoólica mais famosa do mundo, sendo a sua notoriedade devida a vários factores desejados num alimento: satisfação, prazer, frescura e bom paladar. Segundo dados de 2003-2008 do Instituto Nacional de Estatística (INE), a cerveja é a bebida alcoólica mais consumida pelos portugueses (INE, www.ine.pt). Tal coloca Portugal entre os principais consumidores de cerveja ocupando, segundo dados de 2009, o 20º lugar, com um consumo anual de 59,0 litros *per capita*. Os principais consumidores europeus são a Republica Checa, Alemanha e Áustria, com consumos anuais *per capita* de 159,3; 109,6 e 106,2 litros, respectivamente (Beer Statistis 2010, www.brewersofeurope.org).

De acordo com as Portarias n.º 1/96 e 180/96, que definem e estabelecem as características e regras de fabrico, acondicionamento e rotulagem das cervejas, entende-se por cerveja a “bebida obtida por fermentação alcoólica mediante leveduras seleccionadas do género *Saccharomyces*, de um mosto preparado a partir de malte de cereais, principalmente cevada, e outras matérias-primas amiláceas ou açucaradas, ao qual foram adicionadas flores de lúpulo ou seus derivados e água potável”. As cervejas poderão ainda ser adicionadas de frutos, produtos hortícolas ou plantas aromatizadas, ou dos respectivos sumos, concentrados ou extractos até ao máximo de 10 % em volume do produto final, bem como dos aromas legalmente autorizados.

3.1.2 Matérias-primas

As principais matérias-primas da cerveja são:

- **Água** – É, pela quantidade, a principal matéria-prima (95 % do peso final), pelo que as suas características são determinantes para a qualidade da cerveja. Os requisitos básicos para uma água cervejeira são: seguir padrões de potabilidade, ser transparente, inodora e isenta de qualquer sabor estranho ou matéria orgânica. Igualmente, os sais dissolvidos podem

influenciar no processo fermentativo e, conseqüentemente, na qualidade da cerveja, pelo que as suas quantidades devem estar bem definidas (Pombeiro, 2008).

- **Cereais** – É a partir deles que se extrai o amido que é convertido em açúcares simples assimiláveis pela levedura cervejeira. Podem ser utilizados diferentes cereais, em conjunto ou isoladamente. Tradicionalmente utiliza-se a cevada (transformada em malte), por possuir elevado teor de amido e ser praticamente produzida em todo o mundo. Outros cereais, como a trinca de milho, trigo, arroz, ou outros grãos crus são normalmente utilizados como adjuntos, de forma a constituir uma fonte adicional de amido mais barata, refinar o gosto da cerveja e propiciar cores mais brilhantes e maior estabilidade física (Sobral, 2006).
- **Lúpulo** – Planta dióica (flores masculinas e femininas em plantas diferentes). É o pólen das flores femininas que contém os grânulos de lupulina que encerram as substâncias de interesse para o processo cervejeiro. Dessas substâncias destacam-se os óleos essenciais, as resinas amargas e os polifenóis, cuja quantidade e qualidade interfere no amargor, aroma e estabilidade microbiológica da cerveja (Sobral, 2006).
- **Leveduras cervejeiras** – São responsáveis pelo processo fermentativo. Genericamente pertencem à espécie *Saccharomyces cerevisiae*, existindo, no entanto, dois tipos de estirpes responsáveis por dois tipos de fermentação e que vão dar características distintas à cerveja: *Ale* e *Lager*. Tradicionalmente, as leveduras *Ale* são descritas como “de alta fermentação”, elevando-se à superfície no final da fermentação e formando uma película flutuante de biomassa. Por outro lado, as leveduras *Lager* são “de baixa fermentação”, floculando no final da fermentação e formando uma fase sedimentada de biomassa (Carvalho *et al.*, 2006).

3.1.3 O processo cervejeiro

A produção da cerveja consiste genericamente na maltagem da cevada, preparação do mosto, seguido da fermentação, maturação, filtração e enchimento.

- 1) **Maltagem.** Consiste na transformação da cevada em malte e engloba três fases: molha, germinação e secagem. Após limpeza e selecção, os grãos de cevada são colocados em tinas imersos em água, de forma a adquirirem uma quantidade de humidade necessária para iniciar a germinação (cerca de 40-42 %) (Figura 3.1). Depois da molha, os grãos vão para caixas de germinação onde permanecem sob condições controladas de temperatura, humidade e arejamento, durante cerca de 4-6 dias (Figura 3.2). A germinação tem como principal objectivo libertar enzimas necessárias à produção do mosto e de degradação dos tecidos de

reserva da cevada, permitindo que o amido presente nos grãos se desprenda. Logo que o grão tenha iniciado a criação de uma nova planta a germinação é interrompida através de um processo de secagem em estufa ou torrefacção. Após a secagem, o malte é desradiculado e armazenado em silos, onde fica a estabilizar no mínimo 3-4 semanas (Sobral, 2006).



Figura 3.1 - Tina de molha.



Figura 3.2 - Caixa de germinação.

2) **Brassagem.** Nesta etapa do processo ocorre a produção do mosto através das fases de: moagem, empastagem, filtração, fervura e decantação. Após a moagem do malte e adjuntos, a farinha moída resultante é misturada com água quente e submetida a condições operatórias (tempo, temperatura, agitação e pH) pré-estabelecidas para que as enzimas amilases presentes no malte sejam activadas e hidrolizem o amido em açúcares simples. Após a empastagem, a "pasta" formada é filtrada, separando a parte insolúvel (cascas do malte e proteínas coaguladas, denominado “dreche”, que é um excelente alimento para o gado), do filtrado (mosto) (Pombeiro, 2008). O mosto é então fervido em caldeiras, sendo nesta etapa que é adicionado o lúpulo. A operação de fervura é uma etapa crítica para a qualidade do produto final, tendo as seguintes finalidades principais: (i) esterilização microbiológica do mosto; (ii) solubilização das substâncias amargas do lúpulo; (iii) eliminação de substâncias voláteis que determinam sabores desagradáveis; (iv) inactivação de enzimas e (v) coagulação de complexos proteicos que podem causar turvação (Sobral, 2006). Uma vez fervido, o mosto é enviado para um tanque de clarificação de mosto (*whirlpool*), onde é decantado.

3) **Fermentação.** Uma vez produzido, o mosto é arrefecido, estando então pronto para ser fermentado. Para obter levedura nas quantidades necessárias à escala industrial procede-se previamente à sua propagação. Genericamente, a propagação inicia-se a nível laboratorial, a partir de uma pequena amostra, partindo depois para grandes tanques de propagação contendo o mosto (Figura 3.3), onde se procede ao seu arejamento, já que a levedura necessita de O_2 para produzir biomassa e multiplicar-se. O mosto com levedura inoculada é então transferido para tanques de fermentação (Figura 3.4), onde a levedura assimilará durante alguns dias os açúcares simples fermentescíveis transformando-os em álcool e CO_2 via fermentação anaeróbia. Para além destes, são formados outros compostos que transmitem

aromas e sabores à cerveja (ácidos orgânicos, álcoois superiores, ésteres, aldeídos, etc.). Uma vez todo o extracto fermentescível consumido dá-se um golpe frio à cerveja, de forma a parar a fermentação. A levedura é depois recuperada e reutilizada, geralmente até um máximo de sete gerações. Também o CO₂ produzido é recuperado, limpo e armazenado em estado líquido para posterior utilização na carbonatação da cerveja, na contra-pressão de tanques, nas enchedoras ou barris (Sobral, 2006; Pombeiro, 2008).



Figura 3.3 - Tanques de propagação de levedura.



Figura 3.4 - Fermentadores *Asahi* (cilíndricos).

4) Maturação (ou Guarda). O mosto fermentado, agora chamado de “cerveja verde”, é transferido para tanques de guarda (Figura 3.5). Nesta fase ocorre a precipitação de compostos colóides que causam turvação à cerveja e eliminação de substâncias que causam sabor desagradável. Diferentes agentes estabilizantes, como sílica gel e taninos, podem ser utilizados para ajudar na precipitação desses colóides. A guarda é geralmente realizada a frio (cerca de 0 a -1,5 °C, durante 10-30 dias) (Sobral, 2006).

5) Filtração. A cerveja maturada é depois filtrada para que se torne límpida e brilhante, eliminando complexos colóides ainda em suspensão e possíveis contaminantes microbiológicos (incluindo a levedura cervejeira). Consiste em bombear o líquido através de um meio filtrante (ex. terra de diatomáceas, chamado *Kieselguhr*). Nesta fase a cerveja é ainda diluída em água, para regular a sua concentração, e carbonatada, ajustando-se o CO₂ para os valores de cerveja final. A cerveja após diluída segue para um T.C.F., onde fica armazenada até ir para o enchimento (Figura 3.6) (Sobral, 2006).



Figura 3.5 - Tanques de maturação (ou guarda).



Figura 3.6 - Tanques de Cerveja Filtrada (T.C.F's).

6) Enchimento. Depois de filtrada, a cerveja é dirigida para uma linha de enchimento de garrafas, latas ou barris. O enchimento é feito em contra-pressão com CO₂ de modo a evitar a formação de espuma e expulsar o O₂ contido na embalagem, que pode deteriorar a cerveja em termos físico-químicos (oxidação) ou microbiológicos. Na fase de enchimento procede-se ainda à estabilização microbiológica da cerveja, que pode ser feita através de filtração esterilizante, ou, geralmente via pasteurização. Existem dois modos de pasteurização:

- i. **Pasteurização *Flash*:** a cerveja é pasteurizada antes de ser introduzida na embalagem através da sua passagem por um permutador de calor (Figura 3.7);
- ii. **Pasteurização “Túnel”:** a cerveja, já no interior da embalagem encerrada, passa por uma “caixa” com chuveiros de água quente (Figura 3.8). Geralmente é utilizada em cervejas mais críticas em termos de contaminação microbiana (cervejas sem álcool, com baixo teor alcoólico, pouco carbonatadas, ou com adição de sumo).



Figura 3.7 - Pasteurizador *Flash*.



Figura 3.8 - Pasteurizador “Túnel”.

Uma vez capsuladas, as garrafas são rotuladas e colocadas em grades, caixas ou tabuleiros, e os barris tamponados, etiquetados e metidos em paletes, estando prontos para comercializar.

3.2 QUALIDADE DA CERVEJA

3.2.1 Definição de qualidade alimentar

A qualidade alimentar é um conceito complexo, multidimensional e subjectivo, que está directamente relacionado com as percepções ou expectativas de cada indivíduo face a um produto agro-alimentar. Relacionamos qualidade de um alimento às indicações e conhecimento de que dispomos quanto à sua natureza, ou padrão rotulado ou anunciado, que caso não sejam respeitadas levam à sua rejeição. Pode-se, por assim dizer, que a qualidade alimentar refere-se ao grau de excelência de um alimento e inclui todas as características ou atributos que influem na sua aceitabilidade pelo cliente ou consumidor.

Assim, cabe à indústria alimentar procurar entender esses atributos de qualidade de forma a ir ao encontro das expectativas do cliente ou consumidor, lançando no mercado um produto em conformidade com esses requisitos. Para isso é necessário um planeamento, um controlo efectivo e uma melhoria contínua durante todo o processo produtivo de forma a eliminar todo o tipo de perdas de qualidade que daí possam ocorrer e assim lançar um produto com a mais alta qualidade a preços competitivos. O conceito de qualidade não deve ser, por isso, algo opcional numa indústria alimentar, nem deve ser exclusivo das grandes empresas. Deverá ser uma parte integrante e fundamental na estrutura de uma organização, na garantia da protecção e satisfação dos seus clientes e consumidores e no seu sucesso competitivo e sobrevivência.

3.2.2 Qualidade da cerveja

Entre os principais atributos de qualidade da cerveja percebidos pelo consumidor incluem-se aspectos organolépticos, como o aroma, sabor, brilho e transparência, formação e estabilidade da espuma, assim como aspectos externos relacionados com a embalagem (ex. ausência de sujidades externas e de rótulos danificados, barris sem amolgadelas, entre outros defeitos). Embora os atributos de qualidade externos sejam aqueles imediatamente perceptíveis no momento da aquisição do produto, são os atributos organolépticos aqueles mais determinantes na aceitabilidade do produto, sendo decisivos no que respeita à repetição da aquisição e fidelização de uma marca de cerveja pelo consumidor. Geralmente associa-se a uma cerveja de qualidade uma limpidez e transparência, uma coloração dourada-clara e brilhante viva, preta ou avermelhada (dependendo do tipo de cerveja), uma boa espuma, e *flavours* puros revelando os componentes naturais da cerveja, como o lúpulo, o malte ou compostos aromáticos agradáveis produzidos durante a fermentação (Hughes and Baxter, 2001). Estas características associadas à qualidade organoléptica da cerveja podem, no entanto, ser comprometidas por vários factores durante o seu processo de fabrico, nomeadamente (Hammond, 1986; Hughes and Baxter, 2001):

- i. Factores físico-químicos, como o teor de CO₂ e de O₂ dissolvido, concentração de SO₂, valores de pH, concentração em amargores, etc. (defeitos analíticos).
- ii. Factores relacionados com os processos. Por exemplo, temperatura de pasteurização muito elevada pode levar à “caramelização” e “sabor a torrado” (defeitos sensoriais).
- iii. Factores microbiológicos, nomeadamente:
 - a. A qualidade da levedura cervejeira utilizada, incluindo a sua percentagem de viabilidade, que deve ser excelente de forma a garantir a eficiência do processo fermentativo.
 - b. A presença de microrganismos contaminantes (defeitos microbiológicos).

Todos estes factores devem ser rigorosamente mantidos sob controlo, obedecendo a padrões de conformidade estabelecidos pela própria empresa. Embora todos estes factores tenham a sua quota de influência na qualidade da cerveja, a verdade é que a presença de microrganismos contaminantes é, por ventura, aquele que mais impacte tem nas características organolépticas da cerveja e, por esse motivo, o factor de qualidade que maior atenção tem merecido por parte da indústria cervejeira. Neste sentido, entre os principais objectivos do Departamento de Qualidade de uma indústria cervejeira, está garantir uma produção dentro dos limites de especificação microbiológica, de forma a reduzir custos de reprocessamento e abate e lançar no mercado um produto que vai ao encontro das expectativas e satisfação do seu cliente e consumidor.

3.3 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA CERVEJA

3.3.1 Defeitos de origem microbiológica

Durante séculos a cerveja tem sido reconhecida como uma bebida com singular estabilidade microbiológica. De facto, diversos factores contribuem para que a cerveja seja um meio desfavorável para a multiplicação de vários microrganismos, os quais incluem³ (Sakamoto and Konings, 2003) (i) alta concentração em etanol; (ii) componentes antimicrobianos do lúpulo (resinas iso- α -ácidos (cerca de 17-55 ppm) e compostos fenólicos, como os taninos); (iii) elevada concentração de CO₂ e reduzida concentração de O₂; (iv) SO₂ (5-30 ppm); (v) durante a fermentação são produzidos elevados níveis de ácidos orgânicos, como ácido málico e ácido fólico, que tornam o meio particularmente ácido (pH 3,8 a 4,7), inibindo a multiplicação de microrganismos mais sensíveis a condições ácidas; (vi) durante a fermentação as leveduras cervejeiras reduzem a presença de substâncias nutritivas como a glucose, maltose e maltotriose, tornando o meio pouco rico nestes elementos. Porém, apesar destas características desfavoráveis, alguns microrganismos estão adaptados e conseguem multiplicar-se nessas condições. A presença destes contaminantes microbiológicos na cerveja pode causar uma série de alterações que afectam negativamente as suas propriedades organolépticas e, consequentemente, a sua qualidade (Hammond, 1986; Sakamoto and Konings, 2003):

- i. **Off-flavours.** Muitos dos *flavours* não desejados na cerveja (ex. “ovos podres”, amanteigado, sulfuroso, vinagroso ou rançoso) são devidos à presença de metabolitos

³ Está a considerar-se uma cerveja normal do tipo *Lager* bem atenuada, com mais de 2 % vol. de etanol, aproximadamente 0,45 % de CO₂ (p/v) e menos de 0,3 ppm de O₂. Não se está a considerar tipos de cerveja especiais, como as sem álcool, com baixo teor alcoólico ou pouco carbonatadas.

excretados por microrganismos contaminantes. A presença destes metabolitos na cerveja, no entanto, não significa necessariamente que esta esteja contaminada com microrganismos em crescimento. Por exemplo, uma cerveja pode não apresentar contaminação microbiológica mas apresentar *off-flavours* devido à presença de metabolitos que foram produzidos em etapas prévias à pasteurização (ex. contaminação e produção de metabolitos durante a fermentação). Existem vários tipos de metabolitos de origem microbiana (diacetilo, dimetilsulfureto (DMS), H₂S, etc.), cujo efeito na cerveja depende da sua concentração.

- ii. **Turvação.** A turvação da cerveja é algo que o consumidor nota facilmente, sendo sem dúvida um sinal de má qualidade do produto. A correlação imediata que o consumidor faz é relacioná-la com algum problema microbiológico que constitui uma ameaça à saúde. Portanto, quando isso acontece é criada uma aversão imediata ao produto muito difícil de ser revertida. No entanto, é importante referir, que além da turvação resultante de contaminação microbiológica, esta também poderá ser ocasionada pela suspensão e precipitação de cristais de oxalato de cálcio, causado por maltes com elevado teor de ácido oxálico, ou ser de origem coloidal devido à interação entre proteínas e polifenóis do malte e/ou lúpulo.
- iii. **Película à superfície.** É sobretudo formada pela contaminação com leveduras. A sua presença geralmente leva à rejeição imediata da cerveja pelo consumidor.
- iv. **Ropiness ou viscosidade.** A viscosidade na cerveja é sobretudo resultado da formação de um complexo sublime de polissacáridos produzido por certas bactérias, que originam um aspecto de cerveja oleosa sobretudo visível quando esta é agitada.
- v. **Acidez.** Certas bactérias contaminantes produzem uma variedade de ácidos orgânicos que, dependendo da sua concentração, podem reduzir o pH da cerveja, acidificando-a.
- vi. **Super-atenuação.** A atenuação diz respeito à conversão dos açúcares fermentescíveis do mosto em álcool pela levedura cervejeira. Alguns microrganismos deteriorantes da cerveja podem ter capacidade fermentativa, levando ao aumento do seu teor alcoólico, tornando-se grave por ser um parâmetro que obedece a limites legais.

Todos estes defeitos microbiológicos, além de reduzirem o tempo de vida de prateleira do produto, têm influência negativa ao nível dos principais requisitos de qualidade percebidos pelo consumidor para a cerveja, alterando o seu sabor, aroma, brilho ou transparência. Por esta razão, a contaminação microbiológica da cerveja pode levar a grandes prejuízos económicos, com o

aumento de reclamações e retirada dos produtos do mercado, mas também a perda de confiança do consumidor, o que pode comprometer a imagem de uma empresa.

No entanto, como foi dito, a cerveja é um meio pouco favorável à sobrevivência e crescimento da maioria dos microrganismos, incluindo, felizmente, microrganismos que são patogénicos para os humanos, tais como bactérias *Salmonella* spp., *Listeria* spp., entre outros (Sakamoto and Konings, 2003). Por esta razão, ao contrário de outro tipo de alimentos mais perecíveis, no caso da cerveja não existem critérios ou limites microbiológicos regulamentados para os microrganismos tidos como “mais perigosos à saúde”.

3.3.2 Microrganismos contaminantes da cerveja

Os microrganismos contaminantes da indústria cervejeira podem ser definidos como qualquer organismo que não foi propositadamente introduzido e que é apto a sobreviver e proliferar no meio (mosto, cerveja após filtração ou produto acabado) (Hughes and Baxter, 2001). Várias estirpes de bactérias têm mostrado manter-se viáveis em várias etapas do processo cervejeiro por longos períodos de tempo, mas por serem incapazes de se multiplicar no produto final não devem ser consideradas como prejudiciais para a qualidade da cerveja acabada. Assim, considerando a indústria cervejeira, ao longo de todo o processo de fabrico podem ocorrer contaminações que podem ter um impacto mais ou menos significativo na qualidade do produto final. O carácter contaminante de um microrganismo irá depender do estágio do processo cervejeiro em que se encontra (Vaughm, 2005). Podemos por isso agrupar os microrganismos, da indústria cervejeira do seguinte modo:

- i. **Microrganismos prejudiciais indirectos.** Inclui microrganismos que podem estar presentes na cerveja mas incapacitados de se multiplicarem, não causando defeitos microbiológicos. É o caso das bactérias aeróbias, que não se multiplicam no produto final, embora possam desenvolver-se no mosto provocando a sua deterioração e comprometer a fermentação. Frequentemente são chamadas de “bactérias do mosto”, cuja designação inclui um largo grupo de bactérias aeróbias, principalmente pertencentes aos géneros: *Hafnia*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Rahnella*, *Acetobacter* e *Gluconobacter*. Algumas destas bactérias podem produzir metabolitos que, dependendo da concentração, podem conduzir a cervejas com *flavours* não desejáveis. Assim, embora não sejam considerados microrganismos prejudiciais, de forma indirecta acabam por afectar o produto final, pelo que a sua

presença no mosto e quantificação de metabolitos excretados dever ser controlada e detectada atempadamente (Sakamoto and Konings, 2003).

- ii. **Microrganismos prejudiciais condicionais.** Existem certos microrganismos cujo carácter prejudicial é condicionado pelo tipo de cerveja e/ou condições de enchimento. Inclui bactérias anaeróbias, como as bactérias *Zymomonas mobilis*, que crescem sobretudo em cervejas *Ale*, e *Micrococcus kristinae*, que é capaz de se multiplicar em cervejas com baixa concentração de etanol e de componentes do lúpulo e com valores de pH acima de 4,5, produzindo um aroma de frutas atípico (Jespersen and Jakobsen, 1996; Vaughm, 2005). Além disso, este grupo também inclui bactérias aeróbias, como as “bactérias acéticas do mosto” *Acetobacter* spp. e *Gluconobacter* spp., capazes de converter o etanol a ácido acético, resultando num desagradável odor a vinagre. Estas bactérias são resistentes aos compostos amargos do lúpulo e ao etanol, e, por serem aeróbias, geralmente ocorrem em cervejas com presença de ar no *headspace* da garrafa, lata ou barril, como resultado de um enchimento imperfeito ou cerveja com baixo nível de carbonatação. Também algumas bactérias produtoras de esporos, nomeadamente *Bacillus* spp. e *Clostridium acetobutylicum*, embora só consigam desenvolver-se em cervejas com baixo teor de álcool e pH > 4,2, podem formar esporos resistentes às condições hostis da cerveja normal, permitindo a proliferação das células vegetativas em condições de aerobiose (Sakamoto and Konings, 2003).
- iii. **Microrganismos prejudiciais efectivos.** Inclui todos os microrganismos adaptados a sobreviver e multiplicar-se na cerveja causando defeitos microbiológicos. Este grupo subdivide-se em “bactérias prejudiciais” e “leveduras prejudiciais”, a seguir descritos.

3.3.2.1 Bactérias prejudiciais

Entre as principais bactérias prejudiciais encontram-se sobretudo bactérias anaeróbias ou microaerófilas acidófilas ou tolerantes à acidez. Entre elas incluem-se as bactérias ácido lácticas e as bactérias anaeróbias estrictas pertencentes aos géneros *Pectinatus* e *Megasphaera*.

i. Bactérias ácido lácticas

Dentro deste grupo, as bactérias ácido lácticas com maior impacto na indústria cervejeira pertencem aos géneros *Lactobacillus* e *Pediococcus*. No período de 1980-2002, aproximadamente 60-90 % dos incidentes de contaminação microbiana nas indústrias cervejeiras na Europa foi devido precisamente a *Lactobacillus* spp. e *Pediococcus* spp., sendo

Lactobacillus brevis, *Lactobacillus lindneri* e *Pediococcus damnosus* as espécies mais frequentes e importantes deteriorantes da cerveja (Suzuki, 2011). Tratam-se de microrganismos Gram-positivos, catalase-negativa e imóveis. São microaerófilos, sendo a sua multiplicação favorecida em atmosfera de CO₂. A maioria das espécies, incluindo *L. brevis*, *L. lindneri* e *P. damnosus*, é tolerante a níveis elevados de ácidos orgânicos e aos constituintes antimicrobianos do lúpulo, o que as torna particularmente capazes de proliferar não só no mosto, nas fases de fermentação e maturação, como na cerveja acabada. Em termos de efeitos deteriorantes na cerveja, podem causar desde turvação, elevada acidez (devido à produção de ácido láctico e outros ácidos orgânicos) e *off-flavours*. O *flavour* desagradável mais importante produzido é a característica doce amanteigada devida à produção de diacetilo por algumas estirpes. Algumas estirpes, nomeadamente *P. damnosus*, são capazes ainda de produzir um composto glicetinoso, formado por um polissacárido complexo, que torna a cerveja viscosa. *L. brevis* pode também causar super-atenuação na cerveja devido à capacidade de fermentar dextrinas e amido (Jespersen and Jakobsen, 1996; Sakamoto and Konings, 2003).

ii. Bactérias *Pectinatus* spp. e *Megasphaera* spp.

Outro grupo de bactérias prejudiciais à cerveja é o das bactérias anaeróbias estritas. Dentro deste grupo incluem-se as bactérias dos géneros *Pectinatus* e *Megasphaera* como as mais perigosas para a indústria cervejeira. Embora a sua ocorrência na cerveja seja pouco frequente, a verdade é que este grupo tem vindo a adquirir uma importância crescente na indústria cervejeira (Suzuki, 2011). Tal aumento deve-se sobretudo ao aperfeiçoamento das técnicas de manipulação e enchimento da cerveja, que tem reduzido significativamente o conteúdo de O₂ no produto final, e ao aumento da produção de cervejas com baixas concentrações de etanol e de lúpulo, tornando o meio cada vez mais favorável ao crescimento de microrganismos anaeróbicos estritos (Jespersen and Jakobsen, 1996). Relativamente ao género *Pectinatus*, este é responsável por cerca de 20-30 % das contaminações microbianas em cerveja acabada, sobretudo em cerveja não pasteurizada (Vaughan *et al.*, 2005). Tratam-se de microrganismos Gram-negativos e catalase-negativa, que crescem em condições de anaerobiose, a 15-40 °C, sendo a temperatura ótima de crescimento a 32 °C a pH de 4,5 (Vaughan *et al.*, 2005). O seu principal efeito deteriorante na cerveja é uma forte turvação e um repulsivo cheiro a “ovo podre” ou fecal, resultante da combinação de diferentes compostos orgânicos, ácidos gordos, sulfeto de hidrogénio e metil mercaptano (Sakamoto and Konings, 2003). A contaminação por *Megasphaera* spp., por sua vez, está associada a 7 % dos incidentes de cerveja contaminada com bactérias contaminantes (Vaughan, 2005). Apenas uma espécie do género, *Megasphaera cerevisiae*, é conhecida até à data como contaminante da cerveja. O seu crescimento é

geralmente inibido a pH abaixo de 4,1 e a concentrações de etanol acima de 2,8 % vol., embora o seu crescimento em cervejas com 5,5 % vol. já tenha sido relatado (Vaughan *et al.*, 2005). O seu efeito deteriorante na cerveja resulta na produção de consideráveis quantidades de ácido butírico, e outros ácidos, como os ácidos acético, valérico e propiónico, aumentando a acidez da cerveja. Tal como *Pectinatus* spp., *M. cerevisiae*, produz sulfeto de hidrogénio provocando forte odor fecal, o que faz destes microrganismos um dos mais temidos na indústria cervejeira (Sakamoto and Konings, 2003).

3.3.2.2 Leveduras prejudiciais

Uma vez que o crescimento das leveduras cervejeiras em produto acabado pode provocar turvação, a sua presença nesta fase do processo é considerada prejudicial à qualidade da cerveja. Além da própria levedura cervejeira, podem também ocorrer contaminações cruzadas com leveduras ditas selvagens, ou seja, qualquer levedura diferente daquela utilizada na elaboração de determinada cerveja. Tradicionalmente, as leveduras selvagens prejudiciais são divididas em *Saccharomyces* (incluindo estirpes de *S. cerevisiae*) e não-*Saccharomyces* (incluindo os géneros *Brettanomyces*, *Hansenula*, *Debaryomyces*, *Torulopsis*, *Dekkera*, e algumas espécies de *Candida* e de *Pichia*), sendo as do género *Saccharomyces* consideradas as mais perigosas. Em termos do efeito deteriorante causado nas cervejas, sabe-se que as leveduras selvagens podem causar desde turvação, desenvolvimento de *off-flavours* (ex. sulfurosos (SO₂), fenólicos, diacetilo), fermentação com desvio na atenuação, ou formação de película na superfície da cerveja (Sakamoto and Konings, 2003; Carvalho *et al.*, 2006).

3.3.3 Avaliação das principais fontes de contaminação microbiológica

Ao longo do processo cervejeiro são várias as fontes de contaminação microbiológica que podem afectar de forma mais ou menos significativa o produto final. Uma contaminação na cerveja durante a etapa de produção é considerada uma contaminação primária; na fase de enchimento/pasteurização as eventuais contaminações que possam ocorrer são consideradas secundárias (e as mais preocupantes, sobretudo em pasteurização *Flash*) (Vaughan *et al.*, 2005).

i. Contaminações primárias

Durante a etapa de produção um dos principais problemas é a contaminação das matérias-primas, que pode levar a alterações não desejadas de sabor ou aroma na cerveja. Além disso, matérias-primas muito contaminadas podem introduzir uma biomassa microbiana que persiste

até à cerveja pré-filtrada comprometendo o processo, além de poder gerar metabolitos que resistem ao longo de todo o fabrico e podem permanecer na cerveja acabada (Sakamoto and Konings, 2003). Para evitar esse problema, o controlo e a compra de matérias-primas de qualidade deve ser uma preocupação na indústria (controlo de fornecedores).

Uma outra importante fonte de contaminação primária é a cultura cervejeira. Um inóculo de levedura contaminado microbiologicamente, além de afectar a fermentação, pode levar ao desenvolvimento de elevadas biomassas microbianas no mosto que podem comprometer a pasteurização da cerveja. Para assegurar um elevado grau de pureza do inóculo cervejeiro deve-se promover o seu tratamento com ácido fosfórico 5 % ⁴, para eliminação de bactérias eventualmente presentes, e renovação regular de cultivos puros de forma a despistar contaminações cruzadas com leveduras selvagens (Sakamoto and Konings, 2003).

ii. Contaminações secundárias

As contaminações secundárias são responsáveis por mais de 50 % das deteriorações em cervejas pasteurizadas via *Flash* (Storgards, 2000). De facto uma pasteurização *Flash* é mais crítica que a pasteurização em “Túnel” uma vez que a cerveja é pasteurizada antes de ser embalada. É, por isso, considerado um enchimento higiénico onde os cuidados de assepsia e higiene devem ser redobrados até a cerveja ser encerrada na embalagem (Vaughn *et al.*, 2005).

Apesar da cerveja (*Lager*, normal) ser considerada um meio hostil, como se viu, alguns grupos de microrganismos conseguem desenvolver-se facilmente incluindo não só leveduras e bactérias ácido lácticas, como também bactérias anaeróbias estritas *Pectinatus* spp. e *Megasphaera* spp. (“as mais temidas”). Por se tratar de microrganismos anaeróbios facultativos ou estritos, acredita-se que a sua presença no ar da área de enchimento seja favorecida pelo estabelecimento de relações simbióticas com microrganismos mais resistentes e adaptados ao ar, nomeadamente através da formação de biofilmes (Back, 1994).

De acordo com Back (1994), as contaminações no ambiente da área de enchimento são sequenciais. Segundo o autor, as bactérias aeróbias acéticas (em particular *Acetobacter* spp. e *Gluonobacter* spp.) e algumas enterobactérias, veiculadas pelo ar, são os principais microrganismos colonizadores de um biofilme. Primeiro, estas bactérias aeróbias acéticas começam por colonizar superfícies onde estejam presentes resíduos orgânicos e inorgânicos do processo cervejeiro. Apesar destas bactérias não serem consideradas prejudiciais à cerveja, elas são capazes de formar uma matriz de polissacáridos que cria um nicho protector contra as

⁴ Segundo a filosofia da *Heineken* o tratamento ácido apenas será efectuado se houver contaminação.

agressões do meio, favorecendo a proliferação dos principais microrganismos prejudiciais à cerveja, que não sobreviriam isoladamente. Assim, se a presença de resíduos cervejeiros nas superfícies for prolongada começam a desenvolver-se leveduras paralelamente às bactérias acéticas e, posteriormente, bactérias ácido lácticas, cuja multiplicação é favorecida pelas leveduras e meio ácido. Entretanto, as condições anóxicas criadas e o ácido láctico produzido pelas bactérias lácticas favorecem a colonização de bactérias anaeróbias estritas *Pectinatus* spp. e *Megasphaera* spp. De acordo com uma abordagem mais recente desenvolvida por Timke (2004), os colonizadores iniciais de um biofilme numa indústria cervejeira não são as bactérias aeróbias acéticas (estas representam uma minoria num biofilme), mas sim bactérias aeróbias *Pseudomonas* spp. (que não têm qualquer papel na contaminação da cerveja) e enterobactérias. Segundo Timke, estas bactérias dominam praticamente todo o ciclo de vida de um biofilme até serem criadas condições anóxicas que favorecem a colonização de leveduras e bactérias anaeróbias facultativas e estritas. No entanto, seja qual for a abordagem, a verdade é que um biofilme é um reservatório de microrganismos prejudiciais que aumenta o risco de deterioração da cerveja, devendo a sua formação ser prevenida, através do combate à proliferação de bactérias aeróbias, principais colonizadoras.

Assim, durante o enchimento, em particular em pasteurizações *Flash*, todos os pontos de contacto directo ou indirecto com a cerveja podem constituir uma potencial fonte de contaminação secundária (Vaughn *et al.*, 2005). É, por isso, crucial manter um nível elevado de higienização de equipamentos, circuitos e das próprias embalagens retornáveis. Equipamentos com superfícies rugosas, corrosidades, “pontos mortos”, espaços “ocos” e de difícil higienização, janelas abertas e sem protecção, etc., devem ser evitados já que podem propiciar a acumulação e desenvolvimento de contaminações veiculadas pelo ar (Kumar and Anand, 1998).

3.3.4 Garantia da qualidade microbiológica da cerveja

O principal propósito da garantia da qualidade microbiológica da cerveja é assegurar que a produção é consistente, de elevada qualidade e livre de qualquer defeito de natureza microbiológica. Isso é assegurado de dois modos. Por um lado, garantindo a consistência do fabrico, através da monitorização da qualidade dos processos e quantidade da levedura utilizada e, por outro lado, através da detecção e controlo de qualquer microrganismo contaminante ao longo das etapas de fabrico (Hammond, 1986). A excelência dos resultados, por outro lado, só será garantida se houver um planeamento dos objectivos e metas microbiológicas a atingir, um controlo efectivo no cumprimento de padrões e requisitos microbiológicos, a procura pela resolução de problemas microbiológicos e a sua melhoria contínua.

Tudo isto implica um grande esforço da empresa, que deverá assegurar em toda a fábrica uma cultura pela busca da qualidade, de forma a garantir um produto de elevada qualidade microbiológica. Isso inclui também o treino e motivação do pessoal, o que só é conseguido se houver na organização uma consistência e compromisso pela qualidade através de um **Sistema de Gestão da Qualidade**, que coordene e controle a qualidade microbiológica.

3.4 SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE - TPM

3.4.1 Definição

O TPM (*Total Productive Management*, Gestão Produtiva Total) teve origem no Japão, numa empresa integrante do grupo *Toyota*, a *Nippon Denso Co. Ltd.*, em 1971, com a designação inicial de Manutenção Produtiva Total (TPM, *Total Productive Maintenance*). Consiste num Sistema de Gestão que visa a melhoria contínua e a satisfação dos clientes, promovendo a máxima eficiência de todo o sistema produtivo, integrando a qualidade, manutenção dos equipamentos, segurança, ambiente e os sectores administrativos, por meio da eliminação de todo o tipo de perdas que possam ocorrer (defeitos, quebras, acidentes, etc.) (Yamaguchi, 2005; (Pinto *et al.*, 2006). Não deixa de ser um sistema de gestão da qualidade, mas mais abrangente, integrando todo o ciclo produtivo e administrativo. Por se tratar de um modelo de gestão da qualidade integrado, a sua popularidade tem aumentado nos últimos anos entre as empresas, que, num mercado cada vez mais acirrado, se vêm obrigadas a procurar formas mais eficazes de produzir qualidade, aumentando a competitividade e satisfação dos clientes, colaboradores e sociedade em geral (Dale, 2003).

3.4.2 Objectivos, benefícios e fundamentos

Seguindo o lema “zero perdas”, o TPM aponta para o cumprimento de uma série de objectivos em 6 dimensões fundamentais para o sucesso de uma empresa: Produção, Qualidade, Custos, Entrega, Segurança/Ambiente e Motivação, descritos na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Principais objectivos do TPM (Bormio, 2000; Coelho, 2008).

Área / Dimensão	Principais objectivos
Produtividade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução das paragens não programadas ▪ Redução das avarias/quebras/falhas
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução dos defeitos ▪ Diminuição das reclamações ▪ Redução de quebras de materiais e produto
Custos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução dos custos industriais ▪ Redução de trabalhos desnecessários
Entrega	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de <i>stocks</i> ▪ Melhor confiabilidade dos prazos de entrega
Segurança/ Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de acidentes e riscos no trabalho ▪ Diminuição de sujidades ▪ Economia de material, energia e água
Motivação dos funcionários	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento do número de sugestões de melhoria ▪ Motivação para trabalhos em grupo ▪ Criação de uma mentalidade de melhoria contínua

Com o cumprimento dos objectivos propostos a empresa irá usufruir de uma utilização plena dos equipamentos, maior eficácia dos processos, criação de um ambiente de trabalho seguro e com mínimo de impacte ambiental, elevando os níveis de confiança, motivação e desempenho dos trabalhadores. Tudo isto irá maximizar a eficiência global dos seus sistemas de produção, conduzindo a empresa a um cenário de custos competitivos e produtos de qualidade total, melhorando a satisfação dos seus clientes (Yamaguchi, 2005).

Para que os objectivos citados sejam válidos, algumas premissas devem ser cumpridas:

- i. **Garantir o máximo rendimento dos equipamentos** através das seguintes acções (Yamaguchi, 2005, Coelho, 2008):
 - a. Cumprimento das condições operatórias definidas (velocidade e taxa de produção);
 - b. Estabelecimento de programas de manutenção das condições básicas dos equipamentos, incluindo limpeza, inspecção e lubrificação, e programas de manutenção preditiva para programar intervenções de reparação necessárias;
 - c. Melhoria dos pontos fracos dos equipamentos;
 - d. Aumento da capacidade técnica dos operadores.

- ii. **First-Time-Right (“Fazer bem à primeira”)**. A produção sem defeitos e em conformidade com as especificações para os parâmetros de qualidade definidos torna-se indispensável na fase inicial do processo de fabrico (qualidade na origem). Isto é, a qualidade é feita de maneira eficaz se todos se esforçarem em realizar o seu trabalho certo da primeira vez, evitando custos de abate e reproprocessamento (Coelho, 2008).
- iii. **Envolvimento de todos**. A integração de todos os trabalhadores evita um ambiente de frustração, aumenta o senso de poder e participação, gerando mais confiança e motivação (Yamaguchi, 2005).
- iv. **Desenvolvimento de actividades em pequenos grupos**. O “envolvimento de todos”, como já citado na premissa anterior é o passo inicial para a formação de equipas de trabalho comprometidas com objectivos e metas comuns. Através da sobreposição das actividades destes pequenos grupos de trabalho será mais fácil atingir as “zero perdas” (Yamaguchi, 2005, Pinto *et al.*, 2006).

3.4.3 Indicadores-chave de desempenho

Um indicador-chave de desempenho (KPI, *Key Performance Indicator*), mede o nível de desempenho de um processo chave para a empresa, indicando o quão bem esse processo ou actividade está a ser desempenhado no sucesso e alcance dos objectivos propostos. Cabe à empresa decidir quais os indicadores-chave de desempenho cujo alcance permitirá alinhar a empresa com a sua visão e objectivos estratégicos. Numa empresa podem existir diversos indicadores que de alguma forma apontam resultados, apoiam diagnósticos e controlam e identificam necessidades, auxiliando no sistema de gestão de uma empresa (Meland, 2011).

De acordo com o TPM, os objectivos propostos podem ser desdobrados numa série de indicadores-chave de desempenho, que permitem medir e acompanhar os resultados tangíveis das actividades, eficiência no combate às perdas e os seus impactes nos valores operacionais e monetários da organização. Como exemplo, há os indicadores de Produção (produtividade, quebras), de Qualidade (defeitos, reclamações de clientes), de Custos (custos com manutenção, energia), de Segurança e Ambiente (acidentes, níveis de poluição), de Entrega (atrasos de entrega, *stocks*) e de Motivação (questionários, sugestões) (Yamaguchi, 2005; Meland, 2011).

Relativamente ao desempenho da Qualidade, o princípio *First-time-Right* é utilizado para controlo da qualidade do processo produtivo, monitorizando as perdas por defeitos de qualidade – Indicador FTR. Um indicador FTR representa a eficácia do processo e qualidade do produto,

indicando que as condições de processo estão a ser realizadas dentro dos padrões de especificação definidos para o tipo de defeito em análise (ex. defeitos microbiológicos, de embalagem, etc.). O indicador FTR é calculado através da proporção de amostras dentro das especificações em relação ao total de amostras analisadas, definido em percentagem:

$$\% \text{ FTR} = \frac{N.^{\circ} \text{ de amostras analisadas} - N.^{\circ} \text{ amostras fora de especificação}}{N.^{\circ} \text{ de amostras analisadas}} \times 100$$

Um FTR de 100 % significa excelentes condições do processo produtivo e que o produto está a ser produzido em total acordo com as especificações definidas para o defeito considerado.

3.4.4 Programas e ferramentas de suporte ao TPM

Existe uma série de programas, métodos e ferramentas de suporte ao TPM, incluindo programas e ferramentas básicas da qualidade, entre outras. A seguir são descritos alguns deles.

3.4.4.1 Programa 5S

O 5S é uma prática originária do Japão que é aplicada como base para o desenvolvimento de muitos programas de Qualidade Total. Este programa faz parte do princípio da visibilidade, ou seja, tornar visíveis os problemas onde quer que possam existir (Yamaguchi, 2005). Tem como objectivo estimular as pessoas para um ambiente de organização, limpeza, higiene e disciplina, factores essenciais para se atingir uma elevada produtividade e qualidade no local de trabalho. O programa 5S refere-se a cinco sentidos que constituem a metodologia que deve ser sistematicamente aplicada, como se de um ciclo se tratasse (Yamaguchi, 2005):

- **Seiri = Seleccionar.** Significa seleccionar os itens como necessários ou desnecessários, preservando somente os itens estritamente necessários.
- **Seiton = Organizar.** Os itens devem ser mantidos nos lugares certos e identificados, de forma a que sejam fáceis de encontrar, retirar e usar.
- **Seiso = Limpar.** Significa identificar fontes de sujidade e eliminá-las.
- **Seiketsu = Padronizar.** Definir procedimentos de organização, ordem e limpeza.
- **Shitsuke = Disciplinar.** Tornar hábito a utilização dos procedimentos estabelecidos, encarando os 5S como um lema de vida.

Directa ou indirectamente o 5S promove: melhoria da qualidade, melhoria da produtividade, redução de custos, melhoria do ambiente e da moral dos funcionários, previne acidentes, melhora a disciplina, desenvolve o senso de equipa, entre outros benefícios (Coelho, 2008).

3.4.4.2 *Kaisen*

Em japonês, *Kai* significa mudança, e *Zen* significa bom (para melhor). Basicamente *Kaizen* significa realizar melhorias, seguindo os lemas “não deve passar um dia sem que alguma forma de melhoria tenha sido feita” e “pequenas melhorias podem ajudar na resolução de grandes problemas” (Bormio, 2000). Desta forma o TPM incentiva à criação de equipas *Kaisen*, que actuam num curto período de tempo para resolver problemas pontuais/esporádicos de fácil resolução. Além de equipas *Kaisen* poderão ser formadas equipas de melhoria específica para actuar na eliminação de problemas contínuos de causa desconhecida. Além destas, podem também ser criadas equipas de projecto de melhoria para resolução de problemas crónicos de causa complexa que intervêm através de uma abordagem de projecto a projecto (Bormio, 2000). A Tabela 3.2 apresenta as principais diferenças entre os três tipos de equipa.

Tabela 3.2 – Principais diferenças entre equipas *Kaisen*, equipas de melhoria específica e equipas de projecto de melhoria (Heineken, 2009a).

Categoria	Detalhe	Equipa <i>kaisen</i>	Equipa de melhoria específica	Equipa de projecto de melhoria
Tipo e dimensão do problema	Frequência?	Modo de falha pontual	Modo de falha repetitivo	Modo de falha crónico
	Número de modos de falha?	Um	Múltiplas mas separadas	Múltiplas e sobrepostas
	Causa complexa ou simples?	Simples	Desconhecida	Complexa
Nível de conhecimento	Profundidade da análise requerida?	Simples	Técnica	Técnica
Ações necessárias	Número e complexidade das ações?	Em geral 5 ou menos ações simples	Mais de 5 ações simples	Mais de 5 ações complexas
Duração	Quanto tempo?	Em geral menos de 2 semanas	Em geral menos de 12 semanas ¹	Em geral mais de 12 semanas
Dimensão da equipa	Quantos participantes?	Em geral 4 ou menos	Em geral 4 ou mais	Em geral mais de 4

¹ Equipas de melhoria específica para resolução de problemas de natureza microbiológica duram geralmente mais de 12 semanas.

3.4.4.3 Ciclos de Melhoria Contínua (PDCA) e Uniformização (SDCA)

O ciclo PDCA, criado por E. Deming, é uma ferramenta da qualidade de extrema importância no sucesso da implementação do TPM, e no alcance das melhorias esperadas. É composto pelas seguintes etapas (Lopes and Capricho, 2007; Duret and Pillet, 2009):

- *Plan* = Planear os objectivos e metas, bem como os meios para os alcançar, de acordo com as necessidades dos clientes e de acordo com as políticas da empresa.
- *Do* = Realizar as acções necessárias para a resolução dos problemas levantados.
- *Check* = Controlar e avaliar as acções realizadas de forma permanente, comparando os resultados com os objectivos propostos e as exigências do produto.
- *Act* = Actuar de acordo com a avaliação, determinar novos planos de acção e tomar acções de melhoria do desempenho do processo, corrigindo eventuais falhas.

O ciclo PDCA é utilizado para planear o que será feito, girá-lo até alcançar os resultados desejados e, a partir daí, manter ou padronizar os processos/procedimentos, transformando o ciclo em SDCA, em que o P (*Plan*) dá lugar ao S (*Standardize*), e assim sucessivamente (ver Figura 3.9 que se segue). Só através do ciclo SDCA é possível criar “terreno firme” para que o próximo degrau da melhoria seja alcançado (Duret and Pillet, 2009).

A padronização dos processos é um dos aspectos importantes do TPM. Padronizar, significa fazerem todos do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações e as mesmas ferramentas, sabendo o que fazer quando confrontados com as diversas situações. As vantagens da padronização dos processos são muitas, das quais se destacam o aumento da previsibilidade dos processos, redução de desvios, consistência das operações e produtos, melhor qualidade e menores custos (Lopes and Capricho, 2007; Duret and Pillet, 2009).

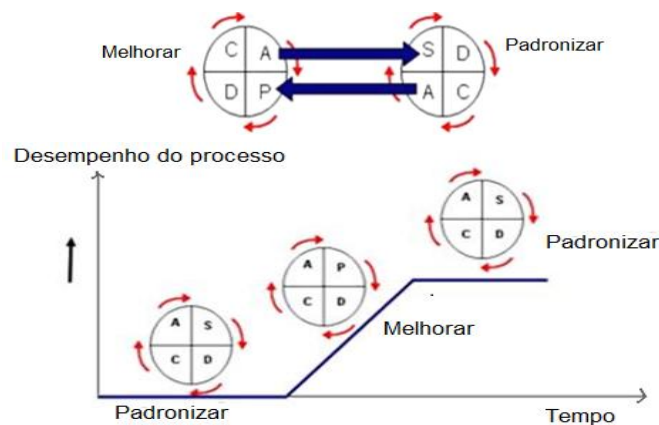


Figura 3.9 - Aplicação conjunta dos ciclos SDCA e PDCA na melhoria contínua do desempenho (Adaptado de Lopes and Capricho, 2007).

3.4.4.4 Fluxograma

Permite ilustrar de forma ordenada as diversas etapas, entradas e saídas que, de forma sequencial, contribuem para a obtenção de um determinado produto, permitindo um conhecimento mais detalhado do processo produtivo (Lopes and Capricho, 2007).

3.4.4.5 Brainstorming

Pode ser definido como uma dinâmica de grupo, em que as pessoas envolvidas fazem um esforço mental de forma organizada e com oportunidades iguais para dar ideias sobre determinado assunto ou problema. O *Brainstorming* por si só não garante a solução do problema apresentado, mas aponta várias opções para esse objetivo. O que vale inicialmente é a quantidade de ideias, independentemente da sua qualidade e possibilidade da sua realização prática (Lopes and Capricho, 2007, Duret and Pillet, 2009).

3.4.4.6 Diagrama de Causa e Efeito

Também conhecido como Diagrama de *Ishikawa* ou Diagrama “Espinha de Peixe”, é uma ferramenta da qualidade utilizada para relacionar graficamente, de maneira clara, as possíveis causas que podem conduzir a um determinado problema (efeito).

Normalmente, o diagrama é elaborado a partir do levantamento de causas possíveis (reais ou potenciais) para o problema, obtidas em reuniões de *brainstorming*, através da livre associação de ideias. Cada causa é depois afectada a uma das categorias de causa previamente consideradas. Em contextos produtivos, é habitual considerarem-se cinco categorias de causas (os 5M), que se têm revelado adequadas à maioria dos problemas existentes: Mão-de-obra, Método, Material, Máquina e Meio-Ambiente. Cabe ressaltar que esta definição de categorias é apenas sugestiva, podendo ser estabelecida outra classificação que melhor se adapte à situação ou problema alvo. Cada categoria pode ser subdividida tantas vezes quantas as necessárias para melhor agrupar e clarificar as causas do problema (Pereira and Requeijo, 2008).

Uma vez concluído o diagrama, procede-se à sua análise para seleccionar as causas que terão maior probabilidade de estar na origem do problema. Definem-se em seguida as acções necessárias para eliminar as causas do problema, identificam-se os responsáveis pela respectiva implementação e estabelecem-se prazos para a sua execução. As acções correctivas devem ser devidamente monitorizadas, efectuando-se os ajustes que se revelarem necessários (Pereira and Requeijo, 2008; Duret and Pillet, 2009).

3.4.4.7 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta básica da qualidade que se baseia no princípio de Pareto de que, genericamente, 80 % dos problemas identificados num processo produtivo são causados por 20 % das causas possíveis de os provocar.

O Diagrama de Pareto corresponde a um gráfico de frequências que ilustra a contribuição relativa de cada potencial causa para o problema em análise. É assim possível visualizar facilmente quais são as causas mais determinantes na ocorrência de um determinado problema (aquelas que ocorrem com mais frequência), o que permite estabelecer prioridades de actuação, evitando assim o desperdício de esforços no combate a causas que não têm grande expressão na manifestação do problema (Pereira and Requeijo, 2008; Duret and Pillet, 2009).

3.4.4.8 Análise dos “5 Porquês”

É aplicada quando definidas as causas potenciais do problema. Este método toma uma das raízes possíveis do problema e tenta explicá-la através das respostas dadas aos “porquês” questionados. Uma vez dadas as possíveis respostas para os “porquês” a equipa deve analisá-las e determinar se existe algum dado disponível para sustentar ou viabilizar as ideias propostas, criando, assim, um caminho crítico para a raiz do problema (Duret and Pillet, 2009).

3.4.4.9 Lição de Um Ponto (L.U.P.)

É uma ferramenta eficiente para a formação e transmissão de conhecimentos aos funcionários, de forma objectiva e em pouco tempo. Consiste num texto resumido e compreensível, de preferência com ilustrações, para melhor visibilidade e fácil compreensão de um procedimento operacional padrão específico (Bormio, 2000).

3.4.4.10 Matrizes de Controlo de Defeitos (QA, QX e QM) ⁵

A Matriz QA (*Quality Assurance*, Garantia da Qualidade) é uma ferramenta utilizada para definir as acções prioritárias a tomar contra as causa-raiz de determinado defeito ou problema de qualidade de um processo. A Matriz QA correlaciona o(s) defeito(s) de qualidade observáveis com as fases do processo, identificando, para cada fase, as condições ou causas que potencialmente originam tal modo de defeito. A correlação é detalhada para cada categoria de causas pré-definida, tal como no Diagrama de Causa e Efeito, sendo habitual, num cenário produtivo, considerarem-se os 5M. Uma vez concluída a Matriz, procede-se à sua análise para seleccionar a(s) fase(s)/área(s) crítica(s) do processo onde os esforços devem ser focados (selecção com base no “M” e peso atribuído: 2 baixo, 5 médio, 8 elevado). A estratégia será focar onde as expectativas de benefício para a empresa serão mais altas.

⁵ A informação contida neste subcapítulo foi retirada de uma Formação PKE (*Process Kaizen Engineer*), *Quality Conditions Management*, realizada pela *Solving Efeso*, em Dezembro de 2011, na SCC.

A Matriz QX é utilizada para correlacionar o(s) defeito(s) aos parâmetros da máquina. É uma matriz que correlaciona quatro variáveis sequenciais, partindo dos modos de defeito (não conformidades), associando-os aos parâmetros/fases do processo, aos componentes da máquina (parte física da máquina, como válvulas, eixo, sensores, etc.) e, por fim, aos parâmetros e condições da máquina (variáveis físicas, como a temperatura, pressão, velocidade, etc.).

A Matriz QM (*Quality Maintenance*, Manutenção da Qualidade) deriva da Matriz QX e é utilizada para garantir as condições operacionais que asseguram o desempenho da qualidade desejada. É o ponto de partida para o processo de solução dos modos de defeito, garantindo zero defeitos. Consiste numa lista abrangente e sintética das condições operacionais que devem ser mantidas para evitar os modos de defeito para cada M, neste caso, Máquina, Material, Método, Mão-de-Obra e Medição. É a base para criar *checklists* com propósitos de qualidade, de forma a garantir a prevenção e a imediata reacção aos modos de defeito, evitando a sua (re)ocorrência e reduzindo o tempo de inspecção e a variabilidade do processo. É uma ferramenta que permite a interligação entre a Qualidade e a Manutenção Planeada, aumentando a eficácia do sistema de Gestão da Qualidade. Para a elaboração de uma Matriz QM são essenciais 6 passos:

1. Listar os valores de tolerância (valores de especificação) dos Factores da Qualidade (Factores Q, como os Pontos Q (parâmetros e componentes da máquina); Características Q do material; Actividades Q do método; Habilidades Q da mão-de-obra e Propriedades Q da medição), provindos da Matriz QX e que podem gerar o(s) defeito(s);
2. Tornar estes Factores Q visíveis (ex. etiquetagem);
3. Definir quem, como e quando eles serão verificados;
4. Correlacionar os Factores Q com os modos de defeito (baixo, médio, alto);
5. Correlacionar os Factores Q com condições/questões que garantam zero defeitos de qualidade (condições para cada M), atribuindo uma pontuação (1 baixo; 3 médio; 5 alto), de forma a avaliar a confiabilidade de um parâmetro e assim obter um maior controlo do processo. Se a pontuação for baixa deve-se tentar melhorar esta condição;
6. Criar *checklists* para os operadores e técnicos para manter a qualidade desejada, ou seja, para a garantia total dos parâmetros críticos para uma produção de qualidade (Máquina, Material, Método, Mão-de-Obra e Medição).

Na Figura 3.10 encontra-se um esquema ilustrativo da interligação das três matrizes de controlo de defeitos no sistema de Gestão da Qualidade.

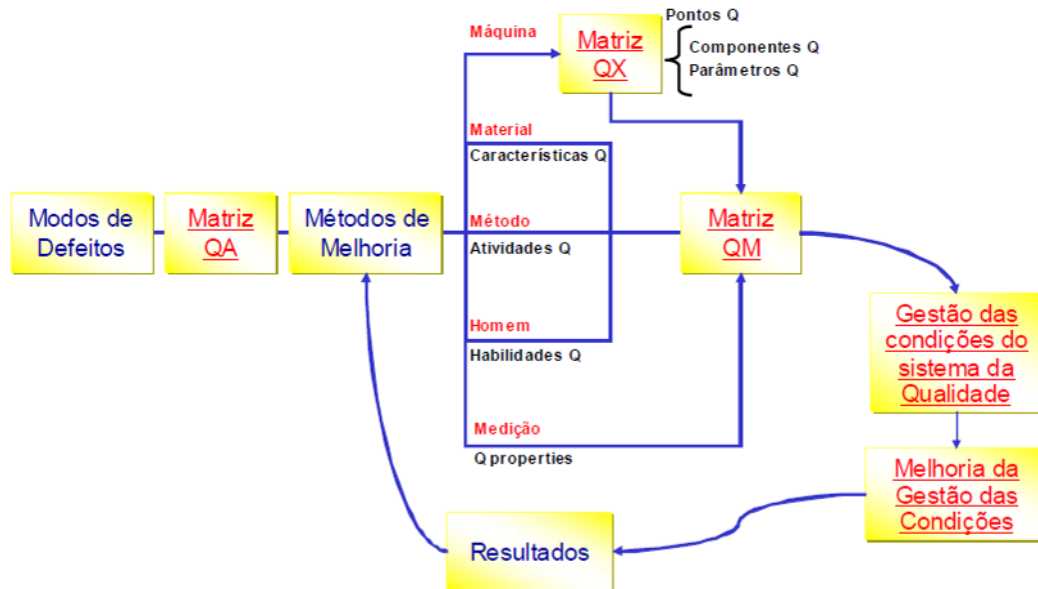


Figura 3.10 – Interligação das Matrizes QA, QX e QM no sistema de Gestão da Qualidade.

3.4.3.11 Checklists (Listas de verificação)

Consiste numa lista de itens pré-estabelecidos que serão marcados a partir do momento que forem realizados ou avaliados. Ajuda a assegurar o planeamento, controlo, coerência e realização de uma tarefa/projecto/processo (Lopes and Capricho, 2007).

3.4.4.12 Programas de auditorias

Consiste em avaliar o desempenho de actividades ou processos, verificando se estão de acordo com o planeado.

3.4.4.13 Normas ISO

O TPM aponta para a necessidade de controlos, registos e acompanhamento dos processos de fabricação, que coincidem com aqueles preconizados pelas Normas ISO:9001 (sistemas de gestão da qualidade) e ISO:14001 (sistemas de gestão ambiental).

3.4.5 Estrutura do TPM

A estrutura do TPM baseia-se actualmente em 8 Pilares, como mostra a Figura 3.11, que constituem grupos coordenadores que actuam sobre determinada área/departamento. O programa 5S deverá ser a base de sustentação de cada Pilar. Conforme as empresas, os Pilares

podem sofrer pequenas mudanças nas suas actividades, adaptando-se aos objectivos estratégicos da organização. Nem todas as organizações têm desenvolvidos os 8 Pilares.

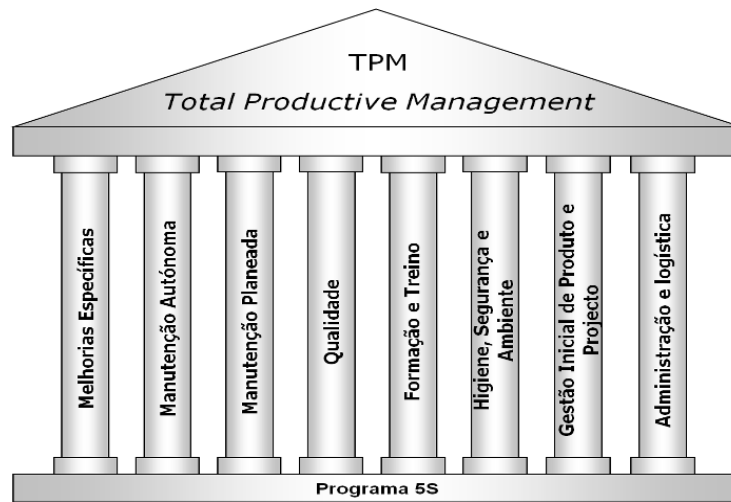


Figura 3.11- Templo TPM, com os seus 8 Pilares e o programa base 5S (Yamaguchi, 2005).

i. Pilar Melhorias Específicas – ME

Tem como objectivo medir, controlar, padronizar e eliminar todo o tipo de perdas do processo produtivo, de modo a aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção. O Pilar ME tem como principais actividades (Heineken, 2009a):

- a. Definir os objectivos para volume e produtividade;
- b. Desdobrar os objectivos em indicadores para controlar as perdas;
- c. Identificar e eliminar as perdas do processo produtivo (Tabela 3.3);
- d. Lançar equipas *Kaisen* e/ou equipas de melhoria específica;
- e. Implementar um sistema de controlo diário das perdas;
- f. Implementar propostas de melhoria.

Tabela 3.3 – As 16 grandes perdas do processo produtivo (Adaptado de Bormio, 2000 e Coelho, 2008).

Categoria	Perda
Perdas de equipamento	1. Perdas por falhas/quebras (perda ou redução da função)
	2. Perdas por <i>setup</i> e ajustes
	3. Perdas por troca de ferramentas
	4. Perdas de início e fim de produção
	5. Perdas por pequenas paragens
	6. Perdas por velocidade (velocidade abaixo do estimado)
	7. Perda por defeitos (abate e reprocessamento) (ex. defeitos microbiológicos, defeitos de embalagem, etc.)
	8. Perda por paragens programadas

(Continuação da Tabela 3.3)

Categoria	Perda
Perdas por mão-de-obra	9. Perdas de gerência
	10. Perdas por falta de flexibilidade operacional
	11. Perdas por desorganização da linha de produção
	12. Perdas por logística (atraso no carregamento/descarregamento)
	13. Perdas de tempo para medições e ajustes
Perdas por recursos de produção	14. Perdas de energia
	15. Perdas por quebra de ferramentas
	16. Perdas de rendimento

i. Pilar Manutenção Autônoma - MA

É o Pilar responsável pelo desenvolvimento da capacidade técnica dos operadores, com o objectivo de torná-los aptos a manterem as condições básicas e operacionais dos seus equipamentos e do seu local de trabalho, aplicando pequenas tarefas de manutenção de 1.^a linha (limpeza, inspecção, reparação de pequenas avarias, etc.) (Bormio, 2000; Chan *et al.*, 2005).

O início das actividades de MA deverá ocorrer primeiramente através de uma formação e treino dos operadores por pessoal especializado em manutenções. Após a formação, a implementação da MA pelos operadores deverá envolver 7 passos fundamentais (rota MA) (Chan *et al.*, 2005; Coelho, 2008; Heineken, 2009a):

- 1.º Passo:** Limpeza inicial das máquinas e do local de trabalho. Permite, além de eliminar as sujidades, ajudar na detecção de situações anómalas à condição básica do mesmo.
- 2.º Passo:** Eliminar fontes de sujidade e locais difíceis de limpar e inspecionar de forma a tornar a máquina mais fácil de ser limpa e inspeccionada.
- 3.º Passo:** Criar e manter um padrão de limpeza, inspecção e lubrificação.
- 4.º Passo:** Inspeção geral dos equipamentos; análise e controlo visual à máquina, aplicando os conhecimentos técnicos adquiridos pela formação tecnológica específica.
- 5.º Passo:** Inspeção autónoma, na qual cada operador deve seguir um plano de limpeza e inspecção, que deve ser controlado e inspeccionado.
- 6.º Passo:** Padronização das actividades, seguindo rigorosamente as instruções e planos de trabalho, identificando perdas básicas e eliminando sistematicamente anomalias.
- 7.º Passo:** Aplicar o sistema de forma contínua rotineira. Integrar as actividades com os Pilares da Manutenção Planeada, Qualidade e Segurança e Ambiente. Sugerir propostas de melhoria para maior eficiência dos processos e alcance dos objectivos propostos.

Todas as anomalias detectadas deverão ser categorizadas e etiquetadas, devendo o conteúdo da etiqueta ser transferido para um sistema de registo e comunicação. Geralmente existem três tipos de etiquetas, conforme o tipo de problema detectado (Figura 3.12). Etiquetas azuis são para problemas que podem ser resolvidos pelos próprios operadores. Etiquetas vermelhas são para problemas que necessitam de auxílio de pessoal da manutenção. Etiquetas amarelas quando são identificados problemas de segurança ou risco ambiental (Bormio 2000; Yamaguchi, 2005).

The figure shows three TPM anomaly tags, each with a different color header and specific fields for reporting an issue.

- OPERADOR (Blue Header):** Fields include 'Falha' (Failure), 'Anomalia de Máquina' (Machine Anomaly), 'Anomalia Operacional' (Operational Anomaly), 'Condição Abaixo do Padrão' (Below Standard Condition), 'Equipamento' (Equipment), 'Componente' (Component), 'Classe' (Class) with options A, B, C, and 'Prioridade' (Priority) with options 1, 2, 3. It also has fields for 'Relatado por' (Reported by), 'Data' (Date), 'Hora' (Time), 'Fato' (Fact), and 'Causa' (Cause).
- Manutenção (Red Header):** Fields include 'Falha', 'Anomalia de Máquina', 'Anomalia Operacional', 'Condição Abaixo do Padrão', 'Equipamento', 'Componente', 'Classe' (A, B, C), 'Prioridade' (1, 2, 3), 'Relatado por', 'Data', 'Hora', 'Fato', and 'Causa'.
- SEGURANÇA (Yellow Header):** Fields include 'Actividade Insegura' (Unsafe Activity), 'Risco de Acidente' (Accident Risk), 'Impacto Ambiental' (Environmental Impact), 'Equipamento', 'Grupo' (Group), 'Componente', 'Críticidade' (Criticality) with options A, B, C, and 'Prioridade' (1, 2, 3, 4). It also has fields for 'Detectado por' (Detected by), 'Data', 'Hora', 'Descrição do Problema' (Problem Description), and 'Modo de Falha' (Failure Mode).

Figura 3.12 - Etiquetas de anomalias.

iii. Pilar Manutenção Planeada – MP

Procura avaliar e manter as condições óptimas dos equipamentos, prevenindo a ocorrência de perdas de eficiência/quebras e restaurando condições básicas, garantindo a sua disponibilidade e melhorando a sua confiabilidade e manutenção (Chan *et al.*, 2005; Coelho, 2008).

iii. Pilar Formação e Treino – FT

Tem como principal actividade a criação de um sistema de gestão das competências, identificando necessidades de formação prioritárias e promovendo acções de formação (Yamaguchi, 2005). Com o desenvolvimento de aptidões ajuda-se a prevenir a ocorrência de falhas por falta de conhecimento, além de se estimular o espírito crítico e atitude de melhoria.

iv. Pilar Higiene, Segurança e Ambiente – HSA

Actua na segurança do trabalho e na utilização sustentável dos recursos ambientais. É sua responsabilidade identificar, investigar e sinalizar situações de potencial risco e impacte ambiental (Chan *et al.*, 2005; Coelho, 2008).

v. Pilar Qualidade - Q

O seu objectivo é garantir a satisfação do cliente e consumidor, procurando garantir produtos livres de defeitos mantendo as condições ideais de materiais, equipamentos, métodos e mão-de-obra. O foco está na eliminação de não-conformidades de forma sistemática, reduzindo a necessidade de inspecção e os custos de controlo, abate e reproprocessamento (Yamaguchi, 2005). As possibilidades de ocorrência de defeitos de qualidade devem ser previstas através da monitorização e análise de tendências dos valores medidos para serem tomadas medidas preventivas de antemão (Chan *et al.*, 2005; Coelho, 2008). Desta forma, o Pilar da Qualidade deverá ter como principais actividades (Heineken, 2009a):

- a. Definir objectivos e metas relativos a reclamações e perdas por defeitos de qualidade;
- b. Desdobrar os objectivos em indicadores para controlar as reclamações e eliminar os defeitos de qualidade (microbiológicos, de embalagem, analíticos, etc.);
- c. Monitorizar condições de processamento e resultados para verificar se há desvios às especificações e produção de não-conformes;
- d. Investigar as causas de reclamações e os defeitos e avaliar a gravidade dos problemas;
- e. Implementar acções correctivas e propostas de melhoria;
- f. Lançar equipas *Kaisen* e/ou equipas de melhoria específica.

vi. Pilar Gestão Inicial de Produto e Projecto

É responsável por gerir o desenvolvimento de processos e/ou produtos que necessitem de projectos inovadores de investimento para ampliar a sua produção. Utiliza modernas ferramentas de controlo e gestão durante todo o ciclo de desenvolvimento do produto, de forma a desenvolver um produto com maior valor acrescentado (Chan *et al.*, 2005; Coelho, 2008).

vii. Pilar Administração e Logística

É responsável pela gestão de assuntos burocráticos relativos à parte administrativa e de todo o sistema logístico da empresa.

3.4.6 Implementação do TPM

Uma empresa pode adoptar o TPM em toda a sua estrutura como modelo de gestão total ou apenas num departamento específico ou numa área ou linha produtiva considerada crítica, onde os resultados da implementação do TPM poderão trazer maior benefício à empresa.

Em geral, a implementação do TPM ocorre em quatro fases: Preparação, Projecto-piloto, Expansão e Consolidação, num total de doze etapas (a título recomendativo), descritas na Tabela 3.4. O tempo de implementação depende da empresa e do espírito de envolvimento, no entanto, regra geral nunca leva menos de três anos (Bormio, 2000; Coelho, 2008).

Tabela 3.4 – Fases e etapas de implementação do TPM (adaptado de Chan *et al.*, 2005; Coelho, 2008).

Fase	Etapa
Preparação	1. ^a Decisão de implementar o TPM entre a directoria.
	2. ^a Campanha de divulgação do TPM e treino.
	3. ^a Criação da estrutura de coordenação.
	4. ^a Definição de objectivos e metas, alinhando-os com os objectivos estratégicos da empresa.
	5. ^a Preparação do <i>Master Plan</i> com as actividades a serem realizadas.
Projecto-Piloto	6. ^a "Pontapé Inicial". As actividades TPM devem arrancar num processo ou equipamento piloto, com equipas restritas de melhorias, MA e 5S. Os resultados obtidos deverão ser divulgados numa cerimónia oficial e servir como modelo para a expansão em toda a fábrica.
	7. ^a Expansão do TPM a outras áreas/equipamentos. Desenvolvimento simultâneo das actividades dos 4 Pilares prioritários: ME, FT, MA e MP.
Expansão	8. ^a Estabelecimento do sistema de preservação da segurança e ambiente.
	9. ^a Estabelecimento do sistema de manutenção da qualidade.
	10. ^a Estabelecimento do sistema de melhoria da eficiência dos sectores administrativos.
	11. ^a Estabelecimento de um sistema de gestão da fase inicial de equipamentos e novos produtos.
Consolidação	12. ^a Consolidação do TPM. O ponto-chave, a partir de agora, é garantir a melhoria contínua e a manutenção do envolvimento de todas as pessoas na garantia dos objectivos da empresa.

3.5 GESTÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA CERVEJA PELO TPM

A gestão da qualidade microbiológica da cerveja inclui cinco processos críticos da qualidade, tendo como base os ciclos PDCA/SDCA:

- i. Planeamento da qualidade microbiológica
- ii. Controlo da qualidade microbiológica
- iii. Garantia da qualidade microbiológica
- iv. Melhoria da qualidade microbiológica
- v. Padronizar/*Standardizar*

A combinação destes processos permitirá assegurar níveis elevados de desempenho da qualidade microbiológica em todas as etapas do processo de produção da cerveja, minimizando o risco de produto contaminado e devoluções/reclamações.

3.5.1 Planeamento da qualidade microbiológica

Corresponde à definição dos objectivos mensuráveis e metas relativos à qualidade microbiológica da cerveja por parte do Pilar da Qualidade, em consonância com as indicações do Pilar ME, e definição dos meios necessários para os alcançar. Os objectivos devem ser desdobrados em indicadores de desempenho da qualidade microbiológica (indicadores FTR Microbiologia, ou, abreviando, FTR Micro). O desempenho geral da qualidade microbiológica de uma fábrica de cerveja deverá incluir os resultados microbiológicos de todo o processo de fabrico da cerveja, desde a produção até ao enchimento, sendo calculado através da seguinte fórmula (Heineken, 2009b):

$$\% \text{ FTR Micro}_{\text{fábrica}} = \% \text{ FTR Micro Produção} \times \% \text{ FTR Micro Enchimento}$$

Os indicadores FTR Micro Produção e FTR Micro Enchimento desdobram-se por sua vez numa série de indicadores que os integram, conforme indicado na Tabela 3.5.

A evolução dos indicadores é representada através de um gráfico de barras verticais, em que cada barra representa os resultados semanais, e uma linha com os valores de FTR Micro acumulados ao longo das semanas.

Tabela 3.5 – Definição de parâmetros dos indicadores de microbiologia (Heineken, 2009b).

Indicador Microbiologia	Cálculo / Especificações	
FTR Micro	FTR Micro Produção de cerveja x FTR Micro Enchimento	%
FTR Micro Produção:	FTR Micro Fermentação x FTR Micro Armazenamento em T.C.F.	%
<u>FTR Micro Fermentação:</u>	0,4 x FTR Micro aeróbios + 0,6 x FTR Micro bactérias lácticas	%
▪ FTR Micro Fermentação aeróbios	Amostras em tanques fermentação (1mL): ≤ 5 ufc's/mL	%
▪ FTR Micro Fermentação bactérias lácticas	Amostras em tanques fermentação (1mL): 0 ufc's/mL	%
<u>FTR Micro Armazenamento em T.C.F.:</u>	0,2 x FTR Micro aeróbios + 0,4 x FTR Micro bactérias lácticas x 0,4 FTR anaeróbios estritos ¹	%
▪ FTR Micro Armazenamento aeróbios	Amostras em T.C.F. (100 mL): ≤ 10 ufc's/100 mL	%
▪ FTR Micro Armazenamento bactérias lácticas	Amostras em T.C.F. (100 mL): ≤ 1 ufc's/100 mL	%
▪ FTR Micro Armazenamento anaeróbios estritos	Amostras em T.C.F. (100 mL): Negativo	%

(Continuação da Tabela 3.5)

Indicador Microbiologia	Cálculo / Especificações	
FTR Micro Enchimento:	FTR Micro Linhas <i>Flash</i> x FTR Micro Linhas “Túnel”	%
<u>FTR Micro Linhas <i>Flash</i>:</u>	0,2 x FTR Micro aeróbios + 0,4 x FTR Micro bactérias lácticas x 0,4 FTR anaeróbios estritos ¹	%
▪ FTR Micro linhas <i>Flash</i> aeróbios	Amostras produto final (100 mL): ≤ 5 ufc's/100 mL	%
▪ FTR Micro linhas <i>Flash</i> bactérias lácticas	Amostras produto final (100 mL): 0 ufc's/100 mL	%
▪ FTR Micro linhas <i>Flash</i> anaeróbios estritos	Amostras produto final (100 mL): Negativo	%
<u>FTR Micro Linhas “Túnel”:</u>	0,2 x FTR Micro aeróbios + 0,8 x FTR Micro bactérias lácticas	%
▪ FTR Micro linhas “Túnel” aeróbios	Amostras produto final (100 mL): 0 ufc's/100 mL	%
▪ FTR Micro linhas “Túnel” bactérias lácticas	Amostras produto final (100 mL): 0 ufc's/100 mL	%

¹ Anaeróbios estritos: *Pectinatus* spp. e *Megasphaera* spp.

3.5.2 Controlo e garantia da qualidade microbiológica

Para garantir que os objectivos sejam cumpridos é necessário garantir níveis elevados de qualidade microbiológica em todas as fases do processo. Para tal, será necessário garantir o cumprimento de uma série de requisitos de procedimentos laboratoriais e de amostragem, requisitos de fabrico (normas técnicas de higiene/desinfecção, de esterilização/pasteurização e de instalações/equipamentos) e de programas base do TPM (5S, auditorias).

3.5.2.1 Requisitos laboratoriais

Para avaliar e controlar o crescimento indesejado de microrganismos na produção e enchimento de cerveja é necessário que seja realizado um programa de recolha diária de amostras e contagem microbiana em cada ponto crítico do processo, além do produto final (Tabela 3.6). Os resultados das análises microbiológicas são normalmente expressos em unidades formadoras de colónias (ufc's) e devem ser analisados comparativamente aos parâmetros de especificação estabelecidos, para eventual escolha do melhor método de controlo e eliminação do microrganismo contaminante.

Tabela 3.6 – Controlo de rotina típico de contaminantes microbiológicos nas várias fases do processo de fabrico da cerveja (MTI, SCC).

Fase do Processo	Grau de higienização	Tipo de amostra	Controlo microbiológico de rotina
Malteria	Não estéril	Cevada	Nenhum ¹
Brassagem	Não estéril	Mosto	Nenhum
Fermentação	Área de cultivo de levedura	Levedura de inoculação; Mosto em fermentação	Bactérias aeróbias Bactérias ácido lácticas Leveduras selvagens
Guarda		Cerveja em guarda	Bactérias aeróbias Bactérias ácido lácticas Leveduras prejudiciais
Filtração		Cerveja filtrada em T.C.F.	Bactérias aeróbias Bactérias ácido lácticas Leveduras prejudiciais <i>Pectinatus</i> e <i>Megasphaera</i>
		Barris lavados; Garrafas lavadas; Água da lavadora; Garrafas à entrada da enchedora; Cápsulas	Bactérias aeróbias Leveduras prejudiciais
		CO ₂	Bactérias aeróbias Bactérias ácido lácticas Leveduras prejudiciais
Pasteurização <i>Flash</i> + Enchimento	Asséptico	Cerveja à saída do <i>Flash</i>	Bactérias aeróbias Bactérias ácido lácticas Leveduras prejudiciais
		Produto final	Bactérias aeróbias Bactérias ácido lácticas Leveduras prejudiciais <i>Pectinatus</i> e <i>Megasphaera</i> Estabilidade biológica
Pasteurização “Túnel” + Enchimento	“Seguro”	Produto final	Bactérias aeróbias Bactérias ácido lácticas Leveduras prejudiciais

¹ É feito um controlo suplementar à cevada para análise de fungos (*Fusarium* spp., *Aspergillus* spp.) e de micotoxinas.

Paralelamente, a qualidade da água utilizada na indústria cervejeira é de grande importância visto que participa em todas as etapas do seu processamento, incluindo na limpeza e desinfecção de instalações e equipamentos. Deve-se, portanto, fazer um controlo da água, com uma periodicidade definida, sobre as suas qualidades físico-químicas (ex. dureza, condutividade) e microbiológicas (pesquisa de enterobactérias e outros microrganismos contaminantes).

3.5.2.1.1 Métodos e meios de cultura

O método mais comumente utilizado na indústria cervejeira para a detecção de microrganismos contaminantes é o tradicional cultivo e incubação de amostras em meios de cultura selectivos, e posterior confirmação do tipo de microrganismo pela observação em microscópico e realização de testes simples (ex. coloração de Gram e teste da catalase) (Sakamoto and Konings, 2003).

Devido à diversidade dos microrganismos deteriorantes, diferentes meios devem ser utilizados a fim de garantir a detecção de bactérias aeróbias e anaeróbias, assim como de leveduras cervejeiras e selvagens (Jespersen and Jakobsen, 1996; Sakamoto and Konings, 2003). Entre os principais meios selectivos de cultivo recomendados por organizações cervejeiras destacam-se:

- *Wallerstein Differential Agar* (WLD), contendo ciclohexamida, para a detecção de bactérias aeróbias;
- *Wallerstein Nutrient Agar* (WLN), para bactérias aeróbias e leveduras prejudiciais.
- *Raka-Ray Agar*, para bactérias ácido lácticas;
- NBB-Concentrado (NBB-C), para bactérias ácido lácticas e bactérias anaeróbias estritas *Pectinatus* spp. e *Megasphaera* spp;
- *Yeast Malt Carbon Agar* (YMCA), contendo sulfato de cobre, para a detecção de leveduras selvagens.

Além da cultura de amostras em meios selectivos, existem testes simples que podem ser feitos na própria instalação da fábrica e que permitem avaliar de forma rápida os pontos que devem merecer uma maior atenção do operador em termos de higienização. Entre esses métodos inclui-se a bioluminescência (zaragatoas), em que a presença de células microbiana (e outras) é detectada indirectamente pelo doseamento de um constituinte celular, o ATP (adenosina trifosfato), através de uma reacção química catalisada por um complexo enzimático específico, durante a qual a energia química é transformada em energia luminosa (Hammond, 1986).

3.5.2.1.2 Ensaios de comparação interlaboratorial

Para a garantia da qualidade dos resultados dos ensaios laboratoriais, ou seja, para a produção de resultados analíticos confiáveis, os métodos de análise deverão ser validados por meio de auditorias (internas e externas) e pela participação em ensaios de comparação interlaboratorial, organizados por entidades independentes ou de iniciativa dos próprios laboratórios.

3.5.2.2 Requisitos de fabrico

3.5.2.2.1 Serviços de limpeza e desinfectação

A manutenção da limpeza e desinfectação é uma das maiores preocupações da indústria cervejeira na garantia da qualidade microbiológica. O seu principal objectivo é assegurar um estado de higiene tal, isento de qualquer tipo de sujidade que potencie o desenvolvimento de eventuais microrganismos contaminantes e biofilmes. Para tal, a empresa terá de estabelecer um plano de higienização que deverá assegurar a cobertura de todas as instalações e equipamentos relevantes, o conhecimento dos produtos químicos a utilizar pelos operadores (fichas técnicas e de segurança) e a descrição exaustiva de todo o plano (equipamentos e superfícies abrangidas, produtos e condições de aplicação, frequência, etc.) (MTI, SCC).

De modo geral, o mecanismo para controlo e eliminação de microrganismos aderentes às superfícies requer uma limpeza prévia com acção química de um detergente, com o objectivo de desagregar ou desprender todo o tipo de sujidade agarrada às superfícies, objectos e utensílios, que é depois arrastada pela água de enxaguamento. Apesar de com a limpeza não se pretender a destruição dos microrganismos, verifica-se que na eliminação de sujidade, na fase de enxaguamento, ocorre uma importante redução do número de microrganismos que eventualmente estejam presentes (Baptista, 2003). Assim, se a limpeza for realizada de forma rigorosa, obtém-se também uma diminuição parcial do nível de contaminação inicial. No entanto, esta redução não significa que os microrganismos foram destruídos, mas apenas deslocados do local original para outro, uma vez que os detergentes não têm acção microbiológica. Por esta razão, após esta primeira etapa de higienização, segue-se frequentemente um tratamento complementar com um agente desinfectante e /ou agente esterilizante de modo a eliminar ou reduzir a população de microrganismos viáveis eventualmente presentes nas superfícies e evitar o seu crescimento durante o tempo de produção. A acção desinfectante, realizada na indústria cervejeira através do uso de agentes químicos (ex. ácido paracético, peróxido de hidrogénio, dióxido de cloro) visa a eliminação de todos os microrganismos com excepção dos esporos bacterianos. Com a esterilização, por outro lado, consegue-se a destruição ou eliminação completa de todas as formas de vida microbianas, incluindo a eliminação dos esporos (Kalil and Costa, 1994). As bactérias num biofilme não são efectivamente removidas com os procedimentos normais de limpeza, chegando a ser mil vezes mais resistentes em comparação com as que se encontram em estado livre (Baptista, 2003). Esta é também uma das razões que justifica a necessidade da combinação de programas de limpeza e desinfectação ou limpeza e esterilização (ou a combinação dos três), especialmente nas zonas de maior risco. A limpeza prévia com um agente químico detergente, além de eliminar

mecanicamente grande quantidade de microrganismos presentes no local, também é de extrema importância para uma mais eficiente acção do desinfectante, uma vez que a maioria deles diminui o seu espectro de acção em presença de matéria orgânica (Baptista, 2003).

3.5.2.2.2 Agentes de limpeza

A selecção do produto de limpeza deve ter em consideração o tipo de sujidade assim como a natureza das superfícies a limpar e o método de limpeza mais adequado. Dada a composição da cerveja normalmente existem dois tipos de limpeza utilizadas na indústria cervejeira:

- i. **Limpeza alcalina.** Utilizada para o tratamento de sujidades de carácter orgânico. É realizada por detergentes alcalinos desengordurantes, sendo a soda cáustica o mais utilizado. A soda cáustica actua quimicamente saponificando as gorduras e ao mesmo tempo desnaturando as proteínas. Podem apresentar outros ingredientes incorporados (ex. tensioactivos, complexantes de iões, etc.), que melhoram substancialmente os resultados de limpeza (Baptista, 2003).
- ii. **Limpeza ácida.** Utilizada para o tratamento de sujidades de carácter inorgânico. É realizada por detergentes ácidos (ex. acético, nítrico, clorídrico, sulfúrico).

Para qualquer tipo de agente de higienização utilizado a sua eficiência depende de vários factores, nomeadamente (Baptista, 2003; Knettel, 2011a; *Heineken*, 2009c):

- i. **Parâmetros dos equipamentos e superfícies.** É de vital importância a escolha do material mais adequado sob o ponto de vista técnico de limpeza e desinfecção, com a menor rugosidade superficial possível, assim como mínimas forças de ligação eletrostáticas para partículas de sujidade (ver adiante sobre Desenho higiénico).
- ii. **Parâmetros de limpeza.** Incluem o tipo e quantidade de sujidade. Sujidade seca é muito mais difícil de ser removida do que sujidade fresca, por isso é uma regra geral iniciar os procedimentos de limpeza dos equipamentos/superfícies imediatamente após um ciclo de produção. Dentro dos parâmetros de limpeza também se inclui a qualidade da água bruta, principalmente a dureza da água.
- iii. **Parâmetros de operação,** nomeadamente:

A – Actividade química do agente de limpeza (composição, concentração, poder de solubilização, poder de dispersão e emulsão, etc.).

B – Acção mecânica do agente de limpeza (número de *Reynolds*, $Re > 3000$). Um caudal mais elevado significa uma melhor turbulência e remoção da sujidade.

C – Temperatura. A temperatura adaptada ao agente de limpeza e tipo de sujidade permite uma limpeza mais rápida e profunda. Geralmente a eficácia da maioria dos detergentes aumenta com o aumento da temperatura.

D – Tempo de contacto. Dado que os detergentes não actuam instantaneamente é necessário assegurar o tempo adequado de contacto para que o detergente penetre na sujidade e a solte da superfície. Quanto mais tempo circula o detergente, melhor o resultado. Após certo período, todavia, os efeitos adicionais serão irrelevantes.

3.5.2.2.3 Sistemas de limpeza e desinfecção de equipamentos e circuitos

Independentemente das actividades de limpeza manual que sejam realizadas no decurso da produção e limpeza, no final de cada ciclo de produção deve-se proceder a uma limpeza e desinfecção sistemática dos equipamentos, circuitos e instalações, de forma a eliminar ou, pelo menos, reduzir para níveis aceitáveis a quantidade de contaminantes microbiológicos potencialmente presentes. Os sistemas típicos recomendados para se actuar na limpeza e desinfecção sistemática numa grande indústria alimentar são os seguintes:

- i. **C.O.P (*Cleaning Off Place, Limpeza fora do local*).** Limpeza manual, semi-automática ou automática, por espuma mecânica no exterior dos equipamentos após desmontagem de partes inatingíveis, transportadores e pavimentos, e posterior aspersão com um desinfectante (Stogards, 2000).
- ii. **C.I.P. (*Cleaning In Place, Limpeza no local*).** Limpeza por circulação automática no interior dos circuitos, tanques e equipamentos em contacto com a cerveja (sem desmontagem), com circulação sequencial de enxaguamento com água, lavagem com agentes detergentes e desinfectantes, sob condições definidas de temperatura, pressão e concentração. Além da circulação da linha de cerveja, deve-se ter em conta as redes de água, ar comprimido e CO_2 . O planeamento e montagem de um sistema C.I.P. deve ser feito por empresas especializadas, já que cada ciclo de limpeza e desinfecção pode ser diferente, dependendo do processo, equipamento ou área de produção da cerveja. As características dos equipamentos, tanques, produtos químicos, bombas, tubulações, sondas, válvulas, grau de automatização etc., devem ser tidos em conta na definição do programa e planta do circuito C.I.P. para que os resultados sejam reprodutíveis. Todas

as funções de desinfecção e limpeza de um programa C.I.P. são controlados por um painel central computarizado de operações. Após C.I.P., as soluções de limpeza e desinfecção são recuperadas em tanques de recirculação e reutilizadas, devendo o seu estado de qualidade química e microbiológica ser mantido tanto quanto possível (Stogards, 2000; Baptista, 2003).

Para a garantia da qualidade dos procedimentos de limpeza e desinfecção C.I.P. deve haver uma monitorização através de dispositivos transmissores que controlam a manutenção dos parâmetros do programa (temperatura, condutividade (concentração) e caudal). Além disso, para garantia da qualidade do C.I.P., devem ser feitas regularmente análises laboratoriais, incluindo medições de: (i) concentração; (ii) pH das águas de enxaguamento finais; (iii) teor em matéria orgânica; (iv) outros (Baptista, 2003).

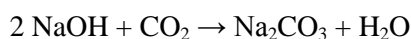
No entanto, apesar da garantia de qualidade dos procedimentos C.I.P., há também a necessidade de avaliar a eficácia do processo de higienização, permitindo detectar más práticas de higiene e otimizar condições de operação. Isto pode ser feito por: (i) inspecção visual; (ii) bioluminescência às superfícies; (iii) análise microbiológica das águas de enxaguamento finais; (iv) análise do próximo lote (Baptista, 2003).

3.5.2.2.4 Sistemas de limpeza e desinfecção interna de barris

Além da limpeza e desinfecção dos equipamentos, superfícies de contacto ou circuitos, é de extrema importância garantir a total higienização do interior da embalagem, de forma a assegurar a qualidade microbiológica do produto. Estes procedimentos tornam-se particularmente relevantes em linhas *Flash*, onde os cuidados de higienização do material que entra em contacto com a cerveja pasteurizada devem ser redobrados. Neste aspecto, assumem maior relevância as garrafas e barris retornáveis que regressam à fábrica com elevado nível de resíduos de sujidade no interior, em particular os barris. De facto os barris, dadas as suas dimensões e maior acumulação de restos de cerveja, apresentam, comparativamente às garrafas, maiores problemas de garantia da qualidade microbiológica. Têm sido observadas situações de formação de depósitos de oxalato e formação de associações microbianas em barris que não são usados frequentemente para enchimento (barris com tempos de repouso de mais de um ano), sobretudo em fábricas com grande *stock* de barris retornáveis (Stogards, 2000). A higienização interna de barris (C.I.P. interna de barris) deverá ser realizada em lavadoras e/ou enchedoras de barris por meio de expulsão de restos de cerveja e CO₂ do barril, pré-enxaguamento com água quente, uso de agentes detergentes (e desinfetantes, eventualmente), enxaguamentos

intermédios e posterior esterilização com vapor quente, de forma a não restar qualquer microrganismo, incluindo os esporos bacterianos, de acordo com tempos de reacção definidos.

Uma grande preocupação para a eficiência do C.I.P. dos barris está na concentração de soda livre, que assegura uma limpeza total, e a taxa de carbonatação, com formação de carbonato de soda, que, pelo contrário, tem uma acção negligenciável na eficiência da limpeza dos barris (Knettel, 2011b). De facto a soda cáustica absorve facilmente o CO₂ do ar dando origem à reacção química de carbonatação, que reduz o seu tempo de vida e a sua eficiência de limpeza:



O aumento da concentração em carbonatos pode manter ou aumentar a condutividade da soda (concentração total da soda) e, com isso, mascarar a concentração em soda livre, pelo que por si só não é um bom guia para avaliar a qualidade do detergente alcalino. Neste sentido, além de acompanhar-se a condutividade, é de extrema importância a realização de análises de titulação diárias à soda que permitam averiguar a sua causticidade (concentração em soda livre) e a concentração em carbonatos, controlando a sua eficiência de limpeza. Segundo especialistas, para uma eficiente higienização dos barris, aconselha-se que o teor em carbonatos seja inferior a 1 % e que o teor em soda livre seja superior a 1,5 % – 2 % NaOH (Knettel, 2011b). Para assegurar uma concentração de soda livre suficiente para uma boa limpeza deverá ajustar-se o *setpoint* de condutividade da soda para uma concentração elevada, recomendando-se valores de 80 mS/cm, o correspondente a 1,9 % de soda. De forma a minimizar as reacções de carbonatação o processo de expulsão do CO₂ do interior dos barris deverá ser optimizado consoante o volume do barril para garantir o mínimo teor de CO₂. De acordo com a Ecolab, TUM *Weihestephan University* e a KHS (Knettel, 2011b), recomenda-se que o tempo de expulsão do CO₂ dos barris seja de pelo menos 8 a 12 s. com um fluxo de ar com um caudal de 100 m³/h. Além disso, se por exemplo, o tempo de expulsão de um barril de 20 L for de 10 s., para um barril de 50 L o tempo de expulsão deverá ser de 25 s. de forma a que o conteúdo residual em CO₂ seja idêntico a um barril de menor volume. Ainda de acordo com estes especialistas, a existência de um passo de pré-lavagem com água de 6 a 10 s. após a expulsão de CO₂ é uma forma de ajudar a reduzir ainda mais a concentração do gás no barril e, consequentemente, de minimizar as reacções de carbonatação da soda (Knettel, 2011b).

3.5.2.2.5 Desenho higiénico das instalações e equipamentos

Um dos factores mais importantes na prevenção de contaminações microbiológicas é que as instalações, desenho, montagem e escolha dos equipamentos, materiais e acessórios respeitem

normas sanitárias. Muitas vezes o desenho ou a montagem de determinado equipamento ou instalação, efectuada por pessoas não especializadas e métodos inadequados, pode dificultar a sua manutenção, limpeza e a desinfecção de rotina ou comprometer a sua estanquidade, afectando directamente a qualidade microbiológica dos produtos.

Relativamente aos equipamentos da indústria cervejeira, os requisitos em matéria de higiene estão bem documentados, descrevendo em detalhe como estes devem ser construídos de forma a minimizar riscos de contaminações microbiológicas (EHEDG 1993 a,b,c; 1994). A seguir são citados alguns exemplos. Tanques, tubulações, válvulas, bombas e acessórios devem ser de aço inoxidável AISI 304 ou AISI 316 (material não- absorvente, inerte, não-corrosivo, não-tóxico e compatível com a maioria dos agentes de limpeza e desinfecção). O seu polimento deve ser higiénico, o que exige rugosidade superficial inferior a $0,8\text{ }\mu\text{m}$. A construção deve evitar a existência de fissuras e espaços “ocos” que favoreçam a penetração e multiplicação de microrganismos. Ao soldar um equipamento deve-se manter o O_2 atmosférico afastado do cordão (de solda), o que pode ser obtido criando-se um ambiente com gás inerte (argon). A Figura 3.13 mostra alguns exemplos de erros cometidos na construção de tubulações higiénicas.

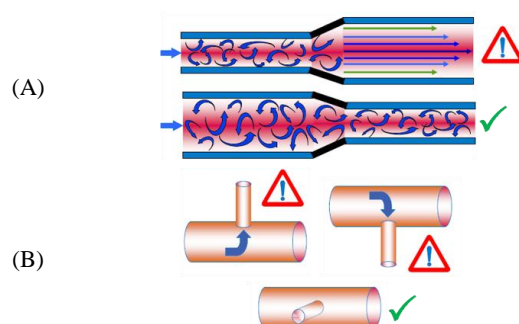


Figura 3.13 - Alguns erros cometidos na construção de tubulações higiénicas. (A) Exemplos de alterações do diâmetro dos tubos com implicação na manutenção de um fluxo turbulento; (B) Exemplos de pontos mortos nas tubagens (Knettel, 2011a).

Também aspectos relacionados com a organização ou localização dos equipamentos assumem particular importância na garantia da qualidade microbiológica, sobretudo na área de enchimento. Por exemplo, a lavadora de garrafas ou barris deve ser preferencialmente localizada a alguma distância do enchimento por causa do calor e humidade, que propiciam a formação de biofilmes e proliferação de microrganismos contaminantes.

Além disso, como para qualquer indústria alimentar, existem pré-requisitos que devem ser cumpridos relativos às infra-estruturas, sistemas de ventilação, esgotos, redes de abastecimento de água, iluminação (intensidade, protecção das lâmpadas), instalações sanitárias, etc.

3.5.2.3 Requisitos de pasteurização

A pasteurização tem como objectivo eliminar os microrganismos contaminantes eventualmente presentes que prejudiquem a qualidade da cerveja. O efeito de pasteurização é expresso em Unidades de Pasteurização (U.P.'s), calculadas de acordo com a equação 1. Uma U.P. corresponde ao efeito do tratamento térmico sobre a cerveja a 60 ° C durante um minuto (Storgards, 2000).

$$U.P. = t \times 1,393^{(T-60)} \quad (\text{equação 1})$$

em que, t = tempo de contacto (em min.) e T = temperatura (em °C).

A maioria dos microrganismos contaminantes comuns da cerveja, incluindo as espécies mais frequentes de bactérias ácido lácticas dos géneros *Lactobacillus* e *Pediococcus*, são eliminados sob condições abaixo dos 15 U.P.'s. Contudo, algumas espécies contaminantes, embora menos comuns, são mais resistentes ao calor, tais como *Lactobacillus lindneri*, tolerando até 17 U.P.'s, necessitando de condições superiores de pasteurização para serem eliminadas (Storgards, 2000). Por esta razão, para a escolha dos valores de U.P. estes microrganismos devem ser tidos como referência, sendo recomendável uma temperatura mínima de 70 °C e um tempo mínimo de contacto de 45 s. (20 U.P.'s), onde a pressão não deve ser inferior à pressão de saturação da bebida (Storgards, 2000). O acréscimo de uma pequena margem de segurança permite assegurar uma mais eficiente eliminação quantitativa, sobretudo em situações de elevada carga inicial de microrganismos. U.P.'s mais elevadas embora permitam garantir uma maior eficiência na eliminação de microrganismos, podem afectar as características organolépticas da cerveja. Assim, o sistema de pasteurização deve ser delineado de acordo com as características do produto, havendo um compromisso por parte da indústria entre a garantia da sua qualidade microbiológica e organoléptica.

3.5.2.4 Programas base do TPM

3.5.2.4.1 Programa 5S e actividades MA e MP

Um pré-requisito fundamental para a preparação de uma cerveja de elevada qualidade microbiológica é a manutenção da organização, disciplina e limpeza regulares no ambiente de trabalho através da implementação da metodologia 5S.

Além da metodologia 5S, o desenvolvimento dos 7 passos da rota MA pelos operadores e das actividades do Pilar MP são fundamentais para a detecção de anomalias, restauro das condições básicas dos equipamentos que possam comprometer a qualidade microbiológica,

eliminação de fontes de sujidade e de locais de difícil acesso para higienização. Devido ao contacto diário com as máquinas e equipamentos, muitas vezes são os operadores os primeiros a descobrir problemas com potencial impacto microbiológico.

3.5.2.4.2 Programas de auditorias

De forma a avaliar o cumprimento das actividades 5S, das actividades de higiene, ordem e limpeza, deverão ser realizados programas de auditorias internas e/ou externas com uma periodicidade definida. Igualmente, as condições de assepsia em linhas *Flash* devem ser sujeitas a auditorias, onde deverão ser avaliados todos os itens de potencial risco microbiológico (ex. cumprimento de requisitos de higienização, condições de funcionamento e instalação do pasteurizador, existência de filtros de CO₂, existência de fugas e “pontos mortos”, etc.).

3.5.3 Melhoria da qualidade microbiológica

Melhorar a qualidade microbiológica significa actuar sobre os problemas detectados de modo a elevar os níveis do indicador FTR Micro para que os objectivos estipulados sejam alcançados, ou mesmo superados. Para tal é necessária a aplicação de ferramentas da metodologia TPM, matriz QA, análises de causa-raiz, etc. e o lançamento de equipas de melhoria contínua (*Kaisen*), específica ou de projecto que garantam a eficiência da remoção de defeitos microbiológicos. Uma equipa de melhoria específica deve providenciar o fornecimento de actividades educacionais necessárias e criar, de forma metódica, os procedimentos e as acções que se revelarem necessárias para identificar a origem dos defeitos e as causas-raiz, de modo a melhorar o sistema da qualidade microbiológica. Deverá verificar o estado do processo de melhoria através do controlo de gráficos e diagramas e comparar os resultados com os valores esperados, indicando, quando necessário, acções correctivas.

Como guia às actividades de uma equipa de melhoria da qualidade microbiológica recorre-se frequentemente a uma Rota TPM de Redução de Defeitos Microbiológicos, constituída por 6 passos principais (*Heineken*, 2009d). Uma rota TPM baseia-se em ciclos PDCA/SDCA, em que para a redução de um defeito são definidos objectivos, realizadas acções e actuação para a consistência dos ganhos obtidos (*Heineken*, 2009d).

Passo 1. Identificar a origem dos defeitos microbiológicos. Consiste essencialmente num passo de medição e recolha de dados que sustentam as análises e identificação da origem dos defeitos.

Passo 2. Restabelecer as condições básicas nas áreas críticas e definir *standards*.

Consiste essencialmente na identificação e correcção de situações anómalas ao processo e/ou que estejam em desacordo com os padrões de especificação definidos. Sem esta tarefa estar completa, as actividades dos passos subsequentes estão dificultadas. Muitas vezes é através do restauro das condições básicas que se resolve a grande maioria dos problemas microbiológicos.

Passo 3. Descobrir as causas-raiz dos defeitos microbiológicos recorrentes. É

essencialmente um passo de análise que compreende a aplicação de diversas ferramentas que ajudem na identificação das principais causas de defeitos microbiológicos recorrentes (ex. Diagrama de *Ishikawa*, 5 Porquês, Matriz QA).

Passo 4. Implementar acções de melhoria. Após a identificação e selecção das causas-raiz

é necessário que a equipa conceba soluções que venham ao encontro das causas de defeitos microbiológicos. Este passo caracteriza-se por conceber, avaliar e implementar soluções que permitam melhorar o processo, em termos de rapidez, redução de custos e fundamentalmente aumentar o desempenho microbiológico.

Passo 5. Analisar cada defeito. Uma das principais actividades deste passo é o

acompanhamento contínuo dos resultados, definindo procedimentos de análise imediata sempre que haja reocorrência do defeito (ex. fazer uma nova análise 5 porquês para determinar as causas-raiz de todos os desvios em relação aos valores padrão). Normalmente as actividades das equipas de melhoria são realizadas com vista a um horizonte temporal alargado, sendo que é necessária uma monitorização das acções de melhoria dos processos e das ferramentas aplicadas, com vista a garantir o alcance das metas ao longo do tempo.

Passo 6. Melhorar o sistema da qualidade de forma a manter os “ganhos” obtidos. Este

passo representa a padronização/*Standardização* das acções e condições implementadas num processo de melhoria de forma a garantir a sustentabilidade de todos os benefícios adquiridos ao longo dos passos anteriores, prevenindo a reocorrência do defeito. Baseia-se na redefinição de condições básicas que garantam a qualidade microbiológica, definição de sistemas de alerta, formulação e actualização de *checklists* e padrões para manter as condições definidas (ex. criação de Matrizes QX e QM). Sempre que o processo não esteja a agir como o esperado é necessário que se proceda a pequenas alterações, rever e estabelecer novas condições base, para que se retorne a estabilidade do processo.

Capítulo 4

A ÁREA DE ENCHIMENTO DE BARRIS DE CERVEJA NA SCC

4. A ÁREA DE ENCHIMENTO DE BARRIS DE CERVEJA NA SCC

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE BARRIS

A área de barris de cerveja da Fábrica de Vialonga pode ser genericamente dividida em 5 zonas: (i) zona de enchimento e pasteurização (ii) zona de despaletização, lavagem externa de barris e de paletização, onde chegam os barris sujos retornáveis do mercado e de onde partem para o armazém de expedição os barris já cheios e embalados; (iii) zona da pré-lavadora de lavagem interna dos barris; (iv) zona de recuperação de barris e de armazenagem dos aditivos para higienização e (v) zona de gabinetes e de controlo de operações.

Todos os processos decorrentes na área de barris são supervisionados pela Eng.^a Filomena Araújo, responsável da área. O líder da equipa dos barris, encarregue do controlo directo da área e de estabelecer o ponto de contacto com o seu responsável, é o Sr. António Valério. Em situações de férias ou turnos, os senhores Joaquim Amaral e António Madaleno, também podem assumir essa função. Da constituição da equipa, além do líder da equipa e operadores de enchimento, fazem igualmente parte mecânicos, serralheiros, electricistas e electrónicos.

O processo de enchimento de cerveja em barril opera, na maioria das vezes, num único turno (das 8:00 às 16:00 ou das 16:00 às 00:00). Em determinadas situações de maior produção existem dois turnos de enchimento, de manhã e de tarde. O período pós-turno de enchimento, das 16:00 às 00:00 e das 00:00 às 8:00 é dedicado às limpezas e higienizações dos circuitos e equipamentos e preparação dos equipamentos e arranque das máquinas para o turno seguinte.

A zona de enchimento é composta por quatro máquinas de enchimento de barris (1 e 4, máquinas da Abibento/APV; 2 e 3, máquinas da KHS), apresentando cada uma delas quatro linhas de enchimento (A a D), com excepção da máquina 3 que apenas apresenta duas (A e B). Significa que no total existem 14 linhas de enchimento que permitem um enchimento total de 680 barris por hora, sendo a máquina 4 aquela com maior cadência por hora (210 barris), seguido da máquina 2 (185 barris), da máquina 1 (175 barris) e da máquina 3 (110 barris). Da zona de enchimento, além das enchedoras, fazem igualmente parte dois pasteurizadores *Flash* (da Tecnocon/Arsopi), nomeadamente o *Flash* A ou 1+4, que alimenta as linhas 1 e 4, e o *Flash* B ou 2+3, que alimenta as linhas 2 e 3. O *Flash* 2+3 apresenta uma capacidade máxima de caudal de cerveja de 250 Hl/h e mínima de 50 Hl/h, enquanto que o *Flash* 1+4 tem um caudal máximo de 225 Hl/h e mínimo de 140 Hl/h. Além dos *Flash*, existem dois Tanques Tampão (TT), isto é tanques de reserva de cerveja (TT A ou 1+4, e TT B ou 2+3) (ver Figura 4.1).

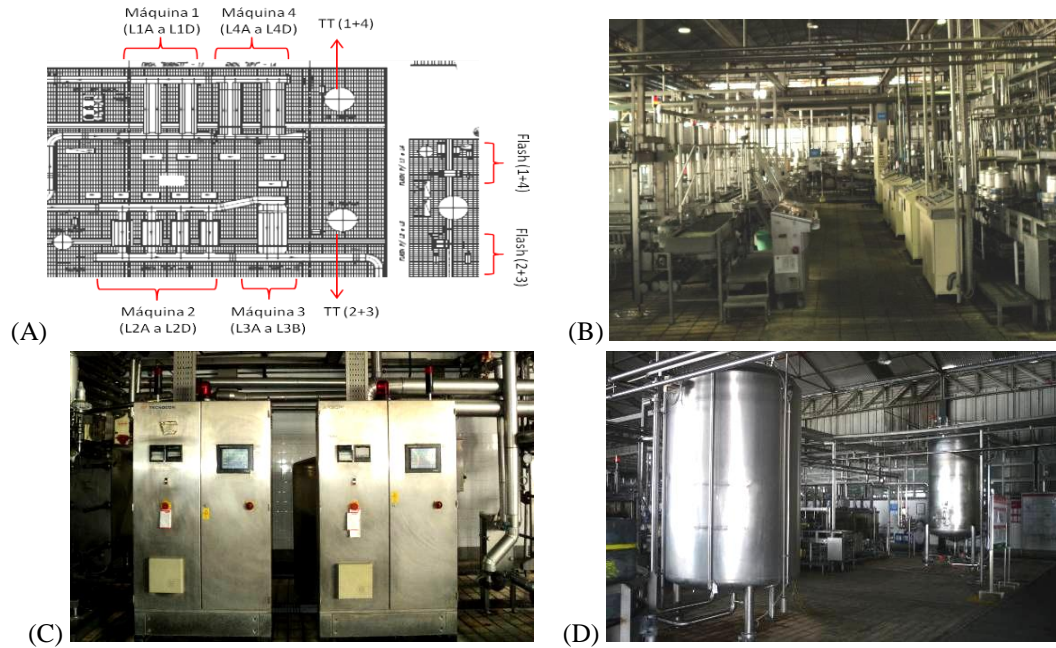







Figura 4.1 – Zona de enchimento de barris. (A) Planta da zona de enchimento; (B) Perspectiva da zona das máquinas enchimento de barris. (C) Pasteurizadores *Flash*. Da esquerda para a direita: *Flash* 1+4; *Flash* 2+3; (D) Tanques Tampão. Da esquerda para a direita: TT 2+3 e TT 1+4.

4.1.1 Barris de cerveja

Na Fábrica de Vialonga, tal como já foi referido no Capítulo 2, enchem barris de cerveja Sagres Branca de 20 L, 30 L e 50 L, cujas características se encontram descritas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Tipos de barris de cerveja que enchem na Fábrica de Vialonga (MTI, SCC).

Característica	Barril 50 L	Barril 30 L	Barril 20 L (Bohemia)	Barril 20 L inox (David)	Barril 30 L inox (Foster's)
Material interior	Aço Inoxidável AISI 304	Aço Inoxidável AISI 304	Aço Inoxidável AISI 304	Aço Inoxidável AISI 304	Aço Inoxidável AISI 304
Revestimento externo	Polyuretano E	Polyuretano E	Polyuretano E	Polyuretano E	Polyuretano E
Dimensões	532 x 425 x 355 mm	365 x 425 x 355 mm	-	568 x 237 x 237 mm	395 x 296 x 355 mm
Peso do barril vazio	12,30 ± 0,35 Kg	10,00 ± 0,35 Kg	-	5,50 ± 0,30 Kg	10,40 ± 0,50 Kg
Tipo de cerveja	Sagres branca	Sagres branca; Sagres preta	Sagres Bohemia	Sagres branca	Foster's
Linha de enchimento	Todas	Todas	Apenas L2 (A-D) e L3 (A-B)	Apenas L4 (A-D)	Todas
Foto					

Da constituição de um barril faz parte uma vareta de aço inoxidável AISI 304, localizada no centro do topo superior do barril, que promove o processo de extracção da cerveja (Figura 4.2).

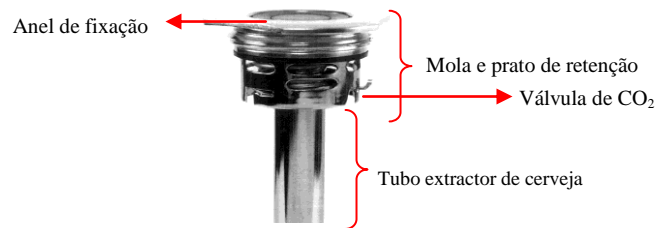


Figura 4.2 – Exemplar de uma vareta de barril de cerveja.

4.1.2 Processo de enchimento de cerveja em barril

O processo de enchimento de cerveja em barril pode ser dividido em três etapas:

- Percurso da cerveja até à linha de enchimento.
- Percurso dos barris vazios para enchimento.
- Percurso dos barris cheios de cerveja até à paletizadora.

Percurso da cerveja até à linha de enchimento. A cerveja em T.C.F. “desce” até à área de enchimento de barris, onde é previamente pasteurizada. A pasteurização é feita através de um dos dois permutadores de calor *Flash* de placas verticais existentes. O término da pasteurização ocorre automaticamente, consistindo num enxaguamento com glicol, que resfria o permutador de calor e, conseqüentemente, a cerveja até cerca de 2,5 °C (*setpoint* da temperatura de enchimento da cerveja). Significa, que no *Flash* existem zonas distintas de permutação de calor: uma primeira zona de aquecimento, em que a pasteurização é promovida através da permuta de calor entre a cerveja e o meio de aquecimento (vapor quente), uma zona de manutenção da temperatura, e uma terceira zona de refrigeração, tal como mostra a Figura 4.3.

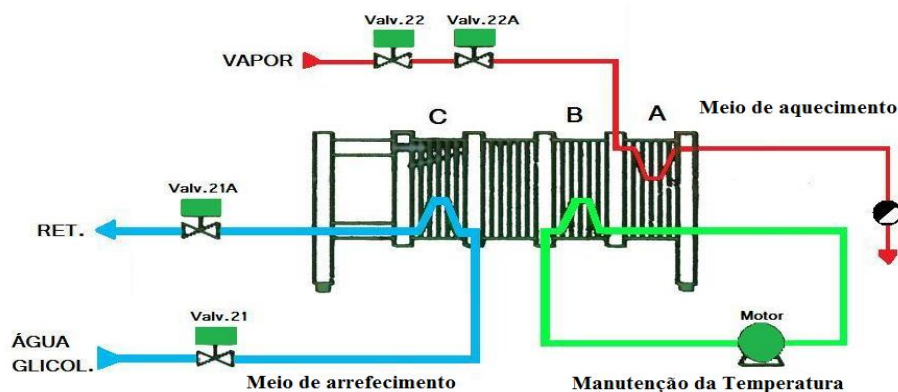


Figura 4.3 – Diferentes zonas de permuta de calor do *Flash*. (A) Zona de Aquecimento; (B) Zona de manutenção da temperatura; (C) Zona de Refrigeração.

Caso exista algum problema na pasteurização, como o não atingir as U.P.'s necessárias, falta de meio de aquecimento, falta de pressão, quebra de temperatura, etc., automaticamente as válvulas de controlo da entrada de cerveja vinda do T.C.F. e de entrada da cerveja no TT fecham, o fluxo da cerveja é interrompido, toda a cerveja em circulação é recuperada para a área de cerveja filtrada, e há entrada em circulação de água da rede EPAL. Quando o problema é solucionado, o fluxo de cerveja é retomado com abertura da válvula de entrada de cerveja e fecho da válvula de circulação de água. Uma vez pasteurizada e arrefecida, a cerveja segue para o respectivo TT, através de contra-pressão com o CO₂, a partir do qual a cerveja vai sendo alimentada às respectivas linhas de enchimento, conforme a cadência de cada linha. As Figura 4.4 e 4.5 sistematizam o percurso da cerveja desde o T.C.F. até às linhas de enchimento.

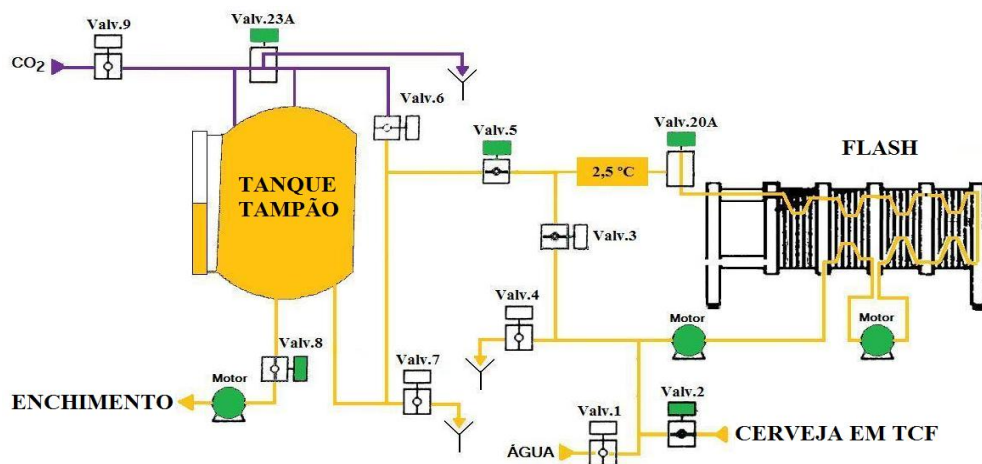


Figura 4.4 – Percurso exemplificativo da cerveja em T.C.F. até às linhas de enchimento de barril. Legenda: Válvulas a verde indicam que estão abertas. Válv.2 – Válvula de controlo da entrada em circulação de cerveja; Válv.5 – Válvula de controlo de entrada de cerveja no TT; Válv.8 – Válvula de controlo da entrada de cerveja nas linhas de enchimento.

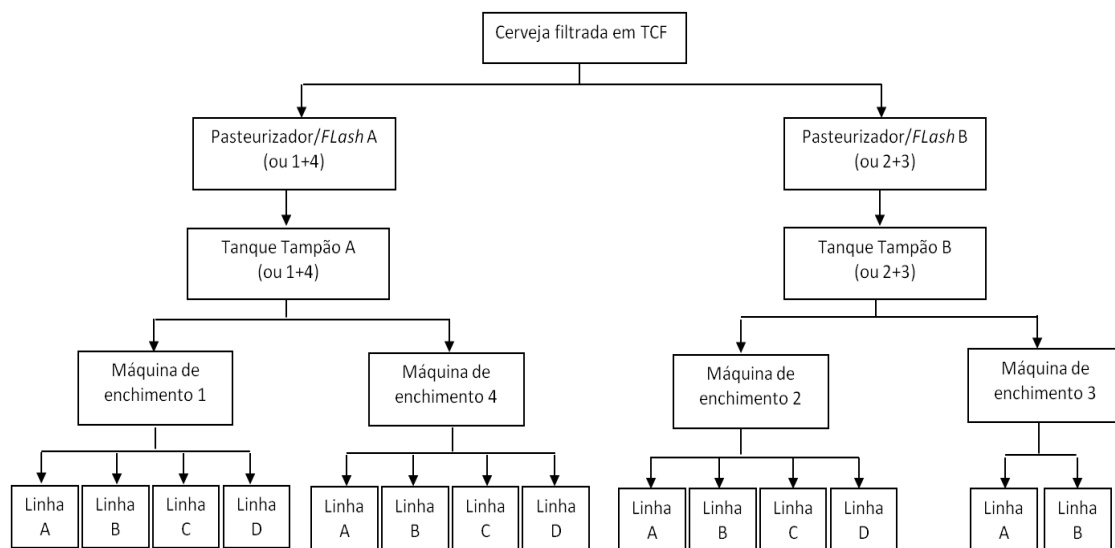


Figura 4.5 – Diagrama do percurso da cerveja desde o T.C.F. até às linhas de enchimento de barris.

Percurso dos barris vazios para enchimento. Os barris sujos retornáveis que chegam do mercado, após despaletizados, são colocados em esteiras transportadoras de onde seguem para uma caixa lavadora para lavagem externa. Antes da lavagem externa, os barris sofrem um processo de inversão, por meio de uma máquina viradora de vasilhame, passando, a partir daí, a ser transportados nos tapetes com a vareta voltada para baixo (Figura 4.6). A limpeza externa de um barril é efectuada por meio de escovas e jactos de água descalcificada à temperatura ambiente a alta pressão. Posteriormente, os barris já lavados externamente passam por uma máquina pressostato que mete pressão nos barris vazios para verificar se há estanquidade. Em caso de teste de pressão negativo o barril é rejeitado para a zona de reparação de barris.

Após o teste de pressão, os barris seguem para uma máquina pré-lavadora em carrossel (equipamento KHS), dando início à sua C.I.P. interna. O programa de lavagem interna de um barril inicia-se com a purga de restos de cerveja que o barril possa conter e expulsão de CO_2 com entrada de ar. De seguida, ocorre entrada de água quente, descarga dessa água e novamente entrada de ar. Após o pré-enchaguamento com água, para remoção de resíduos de sujidade que se encontrem pouco aderentes e humedecimento das paredes do barril, ocorre circulação com um detergente alcalino (soda cáustica 1,9 %, cerca de 28 s., o que corresponde a aproximadamente 1,5-2 litros de soda por barril). A válvula do barril é fechada, ficando o barril com a soda no seu interior até ser transportado até às linhas de enchimento. Um programa de pré-lavagem dura cerca de 50 s. por barril. A pré-lavadora em carrossel possui vários bicos, permitindo a lavagem simultânea de no máximo 20 barris. Após a pré-lavagem com soda cáustica, os barris são distribuídos pelas linhas de enchimento, conforme a cadência da linha, onde o programa de lavagem e esterilização interna dos barris prossegue (Figura 4.7).



Figura 4.6 – Lavadora externa de barris.



Figura 4.7 – Pré-lavadora de lavagem interna.

Cada linha (máquina) de enchimento possui, além da estação (bico ou cabeça) de enchimento, várias estações de lavagem interna e esterilização por onde o barril vai passando até chegar à estação de enchimento com cerveja (Figura 4.8). De forma geral, o programa de lavagem e esterilização nas linhas processa-se em quatro estações, que compreendem as seguintes etapas:

1ª Estação. Entrada de ar e purga da soda cáustica contida no interior do barril, que é recuperada num tanque de recirculação de soda localizado na zona de aditivos C.I.P. Enxaguamento com água quente, permitindo a remoção dos resíduos orgânicos e eventuais microrganismos presentes nas partículas desprendidas pela acção da soda cáustica, e entrada de ar. Circulação de uma solução de detergente ácido (ácido P3-horolith V, que corresponde a uma solução de ácido fosfórico e ácido nítrico) e entrada de ar para despejo do detergente ácido que, tal como a soda é recuperado para um tanque de recirculação de ácido na zona de aditivos C.I.P.

2ª Estação. Enxaguamento com água quente para remoção dos resíduos inorgânicos desprendidos e eventuais microrganismos presentes. Esterilização com vapor quente (3 bar a cerca de 130 °C) para eliminação dos microrganismos viáveis ainda presentes.

3ª Estação. Continuação da esterilização com entrada de mais vapor de ar quente. Introdução de CO₂ no barril a uma pressão ligeiramente inferior à do tanque da cerveja que vai encher o barril (contra-pressão para entrada de cerveja no barril).

4ª Estação. Enchimento de cerveja no barril. A cerveja, a uma pressão superior à do barril, entra sem espumar até encher o barril.

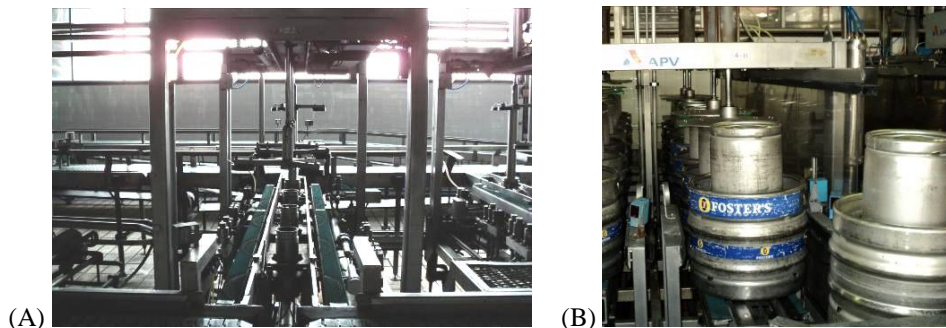


Figura 4.8 – Linha de enchimento de cerveja em barril. (A) Estações de uma linha de enchimento (B) Linha de enchimento em funcionamento.

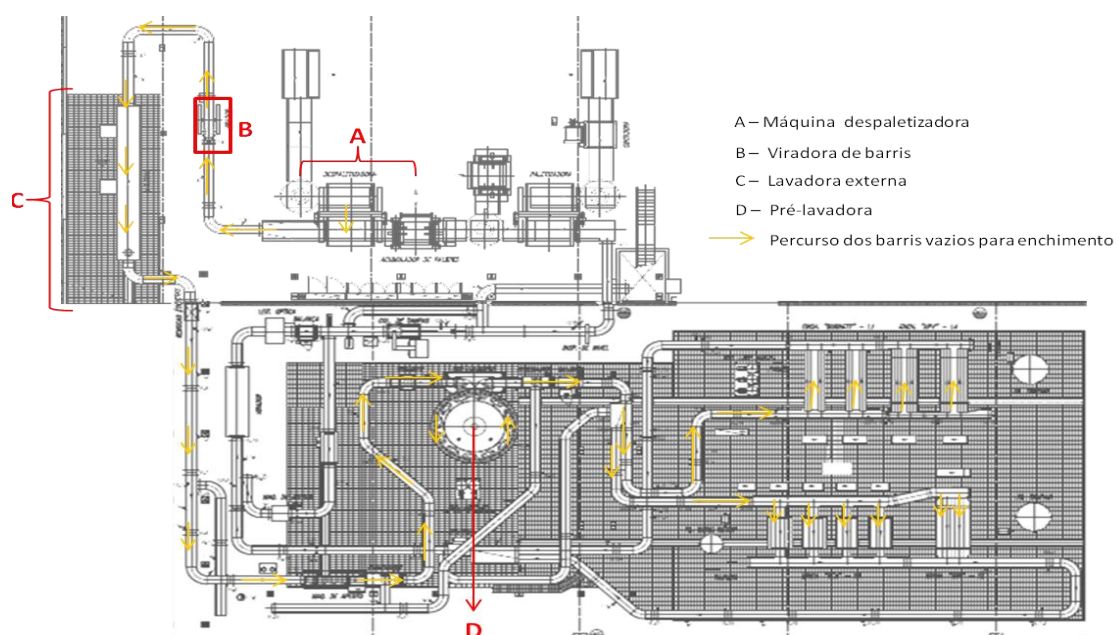
Estes processos são feitos linearmente e em contínuo. Em geral, um barril não demora mais de 60 segundos numa estação. A Tabela 4.2 resume todas as acções de C.I.P. interna dos barris, incluindo os passos de higienização na pré-lavadora e nas várias estações das enchedoras.

Tabela 4.2 - Programa base de C.I.P interna dos barris.

Ação	Temperatura (setpoint)	Concentração (setpoint)	Pressão (setpoint)
1. Entrada de ar para purga de restos de cerveja	--	--	--
2. Pré-enxaguamento com água	40 °C	--	2,5 bar
3. Entrada de ar	--	--	--
4. Limpeza alcalina com soda cáustica	70 °C	1,9 %	2,5 bar
5. Entrada de ar e purga da soda cáustica	--	--	--
6. Enxaguamento com água quente	70 °C	--	2,5 bar
7. Entrada de ar	--	--	--
8. Limpeza ácida com ácido P3-horolith V	75 °C	1 %	2,5 bar
9. Entrada de ar e purga do ácido	--	--	--
10. Enxaguamento com água quente	70 °C	--	2,5 bar
11. Esterilização com pressão de vapor quente	130 °C	--	3 bar

Todo o programa de lavagem interna e esterilização processa-se por meio de um sistema de válvulas que determina a entrada e saída dos agentes de limpeza, água, ar e CO₂ dos barris. A pressão de vapor é controlada por meio de um pressostato. Todos estes processos são supervisionados por meio de consolas de comando, com indicação da abertura e fecho das válvulas e sinalização de eventuais problemas. Qualquer problema numa das estações das linhas leva à indicação de rejeição do barril, o que significa que o seu enchimento ficará comprometido e o barril ficará vazio ou parcialmente cheio, sendo depois rejeitado na balança de pesagem.

A Figura 4.9 mostra todo o percurso dos barris vazios retornáveis desde a despaletizadora até às linhas de enchimento.

**Figura 4.9** – Percurso dos barris vazios retornáveis até às linhas de enchimento.

Percurso dos barris cheios de cerveja até à paletizadora. Os barris cheios de cerveja são a seguir encaminhados para uma balança que controla a quantidade de cerveja no barril de modo a garantir que está cheio. Barris com volume abaixo do pretendido são rejeitados automaticamente para a zona de rejeição de barris (Figura 4.10). Na zona de rejeição os barris são inspeccionados “manualmente” pelos operadores, de modo a que se proceda à eventual reparação e substituição das válvulas, caso haja algum problema, e despejo de cerveja que o barril possa conter. Toda a cerveja é recuperada para um Tanque de Recuperação, voltando para a área da filtração de cerveja. Os barris reparados e esvaziados são novamente enviados para as linhas de enchimento, iniciando um novo processo de lavagem e enchimento.

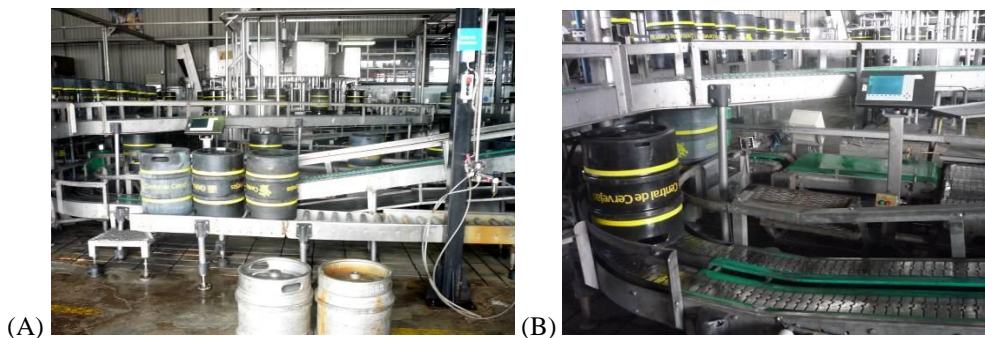


Figura 4.10 – Rejeição de barris vindos das linhas de enchimento. (A) Zona de rejeição/reparação; (B) Pormenor da balança de rejeição.

Após a passagem pela balança de pesados, os barris são encaminhados para uma máquina etiquetadora que coloca a etiqueta com a durabilidade mínima da cerveja no fundo do barril (Figura 4.11). Os barris cheios e etiquetados, que entretanto sofreram uma nova inversão, voltando a estar com a vareta voltada para cima, passam por uma nova balança que, caso seja necessário, desvia os barris com baixo nível de cerveja para uma máquina de reatesto que acerta o volume final (Figuras 4.12 e 4.13). De seguida, os barris passam por uma tamponadora que coloca a tampa e o selo de inviabilidade no barril (Figura 4.14). As operações da tamponadora são controladas visualmente por um operador que verifica o estado de colocação da tampa e selo, além de verificar o estado dos barris e das suas varetas, rejeitando o barril para a zona de reparação em caso de algum problema detectado (ex. espuma a sair pela vareta/vedante, vareta desapertada, borracha (anilha) estragada, barril roto ou partido) (Figura 4.15). Os barris com defeitos técnicos são esvaziados numa nova zona de reparação por um operador, sendo a cerveja recuperada para o Tanque Recuperação, e os barris vazios voltam a ser colocados nas linhas para iniciar novo processo de lavagem/esterilização e enchimento (com excepção de barris rotos ou partidos). Os barris cheios, sem qualquer defeito técnico, são por fim paletizados (Figura 4.16) e transportados para o armazém de expedição.



Figura 4.11 – Etiketadora de barris.



Figura 4.12 – Balança de pesagem final.



Figura 4.13 – Máquina de reatesto de barris.



Figura 4.14 – Máquina tamponadora de barris.



Figura 4.15 – Zona de rejeição/ reparação de barris cheios e recuperação de cerveja.

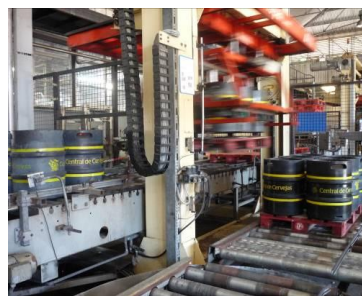


Figura 4.16 – Paletizadora de barris cheios.

A Figura 4.17 mostra o percurso dos barris cheios desde o enchimento até à sua paletização.

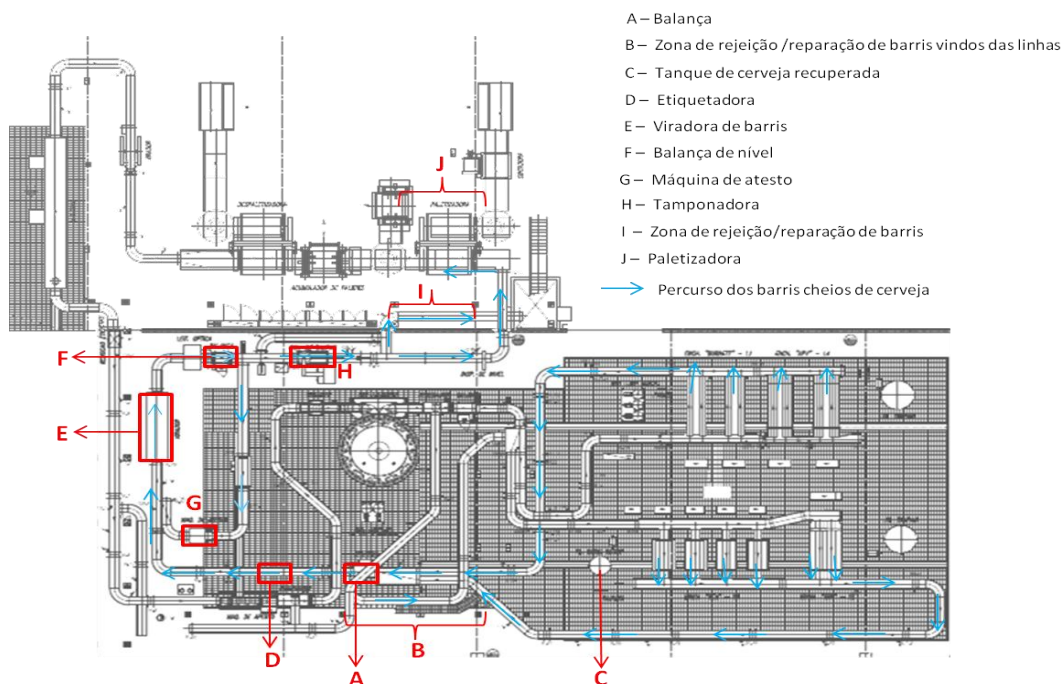


Figura 4.17 – Percurso dos barris cheios de cerveja desde as linhas de enchimento até à paletizadora.

4.2 O TPM NA ÁREA DOS BARRIS

A implementação do TPM na área dos barris da SCC teve início em 2007, com a aplicação do programa 5S. Desde lá até então o 5S tem-se mantido como programa base fundamental à limpeza, organização, ordem e disciplina na área dos barris, com um plano de acção e funções definidas para todos os elementos da equipa. Mensalmente são feitas auditorias 5S, avaliando-se vários itens referentes aos cinco sentidos e cujos resultados obtidos nas auditorias efectuadas em 2011 estão na Figura 4.18. Paralelamente ao programa 5S, a equipa dos barris desempenha operações de manutenção autónoma, incluindo a abertura e fecho de etiquetas de anomalias.

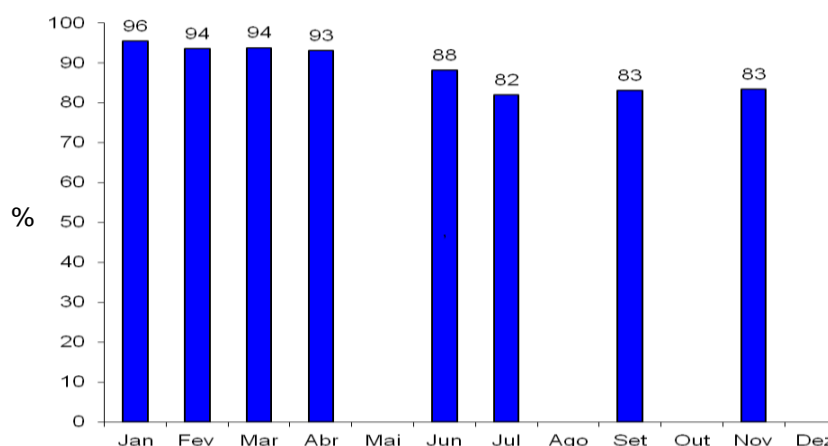


Figura 4.18 – Resultados das auditorias aos 5S na área de barris no ano de 2011. Legenda: 81-100% nível 5S avançado; 61-80 % práticas 5S consolidadas; 41-60 % práticas 5S satisfatórias; 21-40 % práticas 5S iniciadas; 0-20 % práticas 5S ausentes.

4.3 PROGRAMAS DE HIGIENIZAÇÃO

Todo o processo de higienização da Fábrica de Vialonga é controlado em parceria por uma empresa externa, a **Ecolab Hispano-Portuguesa S.A.**, que presta serviços especializados de assistência técnica de limpeza, diagnóstico e optimização dos programas C.I.P.

Tal como nas outras áreas de produção e enchimento, existe um plano de higienização nas instalações da área de barris que deve ser cumprido com uma regularidade definida. O plano de higienização inclui limpeza manual e sistemas de higienização por espumas C.O.P. e por C.I.P. Estão definidos dois tipos de circuitos C.I.P. que abrangem os equipamentos com maior contacto directo com a cerveja: circuito Pasteurizadores + Enchedoras (que inclui higienização dos pasteurizadores, TT, tubulações envolvidas e enchedoras) e circuito Pasteurizadores + Enchedoras + Tanque de Recuperação de Cerveja. Além destes, existe o circuito Barrilete (que armazena água purificada usada para a diluição dos aditivos químicos).

A C.I.P. dos circuitos/equipamentos é formada por um tanque de água quente, um tanque de detergente alcalino (soda cáustica) e um tanque de solução ácida (P3-horolith V). Tal como a C.I.P. de limpeza interna dos barris, a higienização dos circuitos é efectuada automaticamente, com válvulas automáticas de comando centralizado e sondas de condutividade. Os níveis e concentrações das soluções detergentes são repostos automaticamente. Estão definidos dois tipos de programa C.I.P. dos circuitos: Programa 1 e Programa 2, que são aplicados com regularidades diferentes. O Programa 1 é considerado um programa de higienização “mais completo”, uma vez que inclui higienização com soda e ácido (para descalcificação) e esterilização com água quente, sendo efectuado 1x/Semana. O Programa 2 é um programa de higienização de menor duração, que apenas inclui higienização com soda e esterilização com água quente, sendo aplicado todos os dias no final dos turnos. As Tabelas 4.3 e 4.4 mostram as respectivas acções dos programas.

Tabela 4.3 - Programa 1 C.I.P. circuitos/equipamentos (1x/Semana).

Acção	Temperatura (<i>setpoint</i>)	Duração (s.)
1. Pré enxaguamento com água da rede	Frio	600
2. Limpeza alcalina com soda cáustica 1,5%	Quente (82 °C)	1200
3. Enxaguamento intermediário com água da rede	Frio	400
4. Limpeza ácida com ácido P3-horolith V 1 %	Quente (62 °C)	
5. Enxaguamento intermediário com água da rede	Frio	400
6. Esterilização com água quente	Quente (92 °C)	1200
7. Enxaguamento final com água glicolada	Frio	300

Tabela 4.4 - Programa 2 C.I.P. circuitos/equipamentos (Final Turno).

Acção	Temperatura (<i>setpoint</i>)	Duração (s.)
1. Pré enxaguamento com água da rede	Frio	600
2. Limpeza alcalina com soda cáustica 1,5%	Quente (82 °C)	1200
3. Enxaguamento intermediário com água da rede	Frio	400
4. Esterilização com água quente	Quente (92 °C)	1200
5. Enxaguamento final com água glicolada	Frio	300

Todas as actividades de limpeza e higienização encontram-se detalhadas em L.U.P.'s e o seu cumprimento é registado em folhas de registo de limpeza apropriadas, com indicação do operador responsável e data da execução.

Também a higienização dos próprios tanques de C.I.P. é efectuada, substituindo-se os aditivos químicos e água por soluções novas, de modo a garantir a sua qualidade. Todos os dias, no final de cada turno, os tanques de água quente, soda e ácido da C.I.P. de limpeza interna dos barris são esvaziados, enxaguados, substituindo-se totalmente as soluções detergentes. Semanalmente procede-se à descalcificação dos tanques de soda e água quente de C.I.P. interna e mensalmente dos tanques de C.I.P. dos circuitos/equipamentos. Esta descalcificação consiste no seu enxaguamento prévio e aplicação de ácido P3-horolith V a 2 %, durante 60-120 min.

4.4 ANÁLISE E AMOSTRAGENS PARA CONTROLO DE PROCESSOS

Na área de enchimento de cerveja em barril estão definidos planos de monitorização e medição de amostras para controlo físico-químico, organoléptico, microbiológico e dos processos operacionais de enchimento de barris (ex. temperaturas, pressões, teor em CO₂ e O₂).

4.4.1 Controlo operacional dos processos pelos operadores

Diariamente os operadores realizam a análise e recolha de amostras para controlo de parâmetros operacionais dos processos. As condições de pasteurização dos *Flash*, incluindo a temperatura de aquecimento, o caudal, a pressão na zona quente e as U.P.'s são controladas pelos operadores através de painéis electrónicos nos próprios *Flash*. Em situação de anomalia grave são disparados alarmes e o processo é abortado até a sua resolução. Todos os parâmetros operacionais de pasteurização são registados e reportados ao responsável pela área de barris, verificando se há desvios aos valores especificados (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Valores de especificação das U.P.'s em cerveja (MTI, SCC).

	LIT	LI	VM	LS	LST
Cerveja com álcool	10	10	20	30	80
Cerveja sem álcool	40	40	55	70	150

VM- Valor Médio; LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior; LIT – Limite Inferior de Tolerância; LST – Limite Superior de Tolerância.

Além do controlo operacional dos pasteurizadores, toda a cerveja em TT é analisada diariamente em termos de O₂ dissolvido, CO₂ e contra-pressão de CO₂, através de um analisador de oxigénio, de um analisador digital de CO₂ e de um manómetro de contra-pressão de CO₂, respectivamente. Esta análise é efectuada pelo líder da equipa LBC no arranque de cada turno, antes da cerveja sair do TT para as linhas de enchimento, e sempre que haja cerveja vinda de um

T.C.F. diferente. Caso os valores não estejam dentro dos parâmetros de especificação (Tabela 4.6), a cerveja não vai para enchimento e é reenviada para as adegas. Igualmente, a cerveja em barril à saída das enchedoras é analisada em termos de O_2 e CO_2 , sendo o processo efectuado a dois barris cheios por turno, seleccionados aleatoriamente por linha. Também barris à saída da máquina de reatesto são amostrados para a mesma análise. Esta determinação deverá ser efectuada sequencialmente com a determinação do barril à saída da enchedora para comparar valores. Todos os valores medidos são registados num boletim de controlo e introduzidos num sistema informático SAP QM.

Tabela 4.6 – Valores de especificação de CO_2 e O_2 dissolvido em cerveja (MTI, SCC).

	LIT	LI	VM	LS	LST
CO_2 (g/l)					
Sagres branca	5,15	5,25	5,45	5,65	5,75
Sagres preta	5,10	5,20	5,40	5,60	5,70
Imperial	4,90	5,00	5,20	5,40	5,50
Sagres Bohemia	5,00	5,10	5,30	5,50	5,60
<i>Foster's</i>	4,40	4,50	4,70	4,90	5,00
O_2 dissolvido (ppm)					
Todo o tipo cerveja	-	-	-	0,20	0,40

VM- Valor Médio; LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior; LIT – Limite Inferior de Tolerância; LST – Limite Superior de Tolerância.

Em termos do enchimento, são ainda controlados parâmetros de lavagem e esterilização interna dos barris nas linhas, nomeadamente a temperatura e a pressão do vapor, da água quente, dos detergentes e do CO_2 . Este processo é efectuado pelos operadores de linha, por meio de um barril teste com visor e sistema de controlo da temperatura e manómetro de pressão. A análise é feita diariamente, alterando as linhas e os bicos de enchimento (uma linha e bico por dia).

A eficiência de todo o sistema C.I.P., quer C.I.P. de limpeza interna dos barris quer C.I.P. dos circuitos, é controlada por meio de sistema electrónico, permitindo o acompanhamento pelos operadores de todas as acções e passos dos programas em curso, abertura e fecho de válvulas de saída das soluções de detergente dos respectivos tanques de aditivos, e controlo das temperaturas, caudais e condutividade (concentração) dos aditivos. Para além disso, os sistemas C.I.P. estão providos de alarmes que alertam e, nalguns casos, abortam o processo, caso esteja a ocorrer alguma anomalia grave.

Ainda ao nível do controlo operacional realizado pelos operadores, é efectuado o controlo do índice de qualidade da embalagem de cerveja em barril, à saída da máquina etiquetadora

(amostragem de um barril 2x/Turno) e em palete (amostragem de uma palete 2x/Turno). Este controlo é efectuado pelo líder da equipa LBC, contabilizando o número de defeitos de embalagem (varetas partidas, barril danificado, amolgado, etc.).

4.4.2 Controlo físico-químico

Para controlo físico-químico do processo de enchimento de barris de cerveja são recolhidas amostras de cerveja em barril à saída das enchedoras, pelo líder da equipa LBC, recolhendo aleatoriamente um barril cheio de linhas de enchimento alternadas, com uma frequência de 2x/Semana. A amostra recolhida é levada pelos operadores até ao Laboratório de Físico-Química, onde uma vasta gama de análises é efectuada.

Além da amostragem de cerveja para controlo físico-químico, também as soluções de C.I.P. são controladas em termos das suas propriedades químicas. Diariamente é recolhida uma amostra de ácido e uma de soda, de C.I.P. interna dos barris, pelo líder da equipa LBC dos barris, que são enviadas para análise da sua concentração e da sua carbonatação/causticidade, respectivamente, de forma a verificar se os valores estão dentro das especificações (Tabela 4.7). As soluções de C.I.P. dos circuitos/equipamentos são amostradas 1x/Semana.

Tabela 4.7 – Valores de especificação do processo de lavagem interna dos barris (MTI, SCC).

	LIT	LI	VM	LS	LST
Detergente alcalino					
Causticidade, %	0,0	1,0	1,5	2,0	2,5
Temperatura, %	55	60	70	80	85
Detergente ácido					
Concentração, %	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
Temperatura, °C	55	60	70	80	85

VM- Valor Médio; LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior; LIT – Limite Inferior de Tolerância; LST – Limite Superior de Tolerância.

4.4.3 Controlo microbiológico e organoléptico

Para controlo microbiológico são recolhidas amostras representativas dos principais pontos críticos para a qualidade microbiológica da cerveja em barril. Esta amostragem inclui não só análise de amostras da cerveja à saída dos *Flash*, nos TT e em barril cheio, como análise dos barris vazios que vão para enchimento.

Relativamente à cerveja à saída dos *Flash*, a sua amostragem é feita por meio de um sistema de filtro de membrana contínuo que é colocado 1x/Turno/*Flash* pelos analistas de

Microbiologia, no arranque do turno. Através deste sistema de amostragem, a cerveja, à medida que vai passando pela membrana vai permitindo a concentração dos eventuais microrganismos presentes que estejam em quantidade insuficiente para a sua posterior detecção por técnicas de plaqueamento (< 1 ufc/ml). Igualmente é amostrada a cerveja em TT, através de um sistema de membrana colocado 1x/Turno/Tanque. A Figura 4.19 mostra os pontos de amostragem microbiológica de cerveja à saída de um *Flash* e respectivo TT.

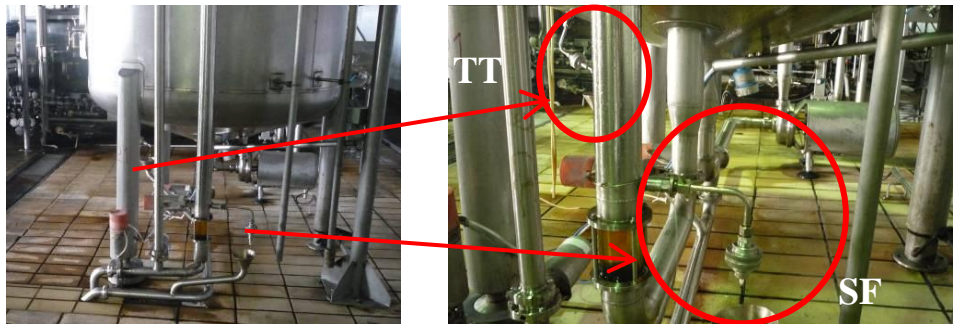


Figura 4.19 – Amostragem de cerveja à saída do *Flash* (SF) e no Tanque Tampão (TT) para controlo microbiológico de rotina.

Além da cerveja à saída dos *Flash* e no TT, também é feita amostragem de cerveja em barril após enchimento para análises microbiológicas. Diariamente, 1x/Turno, o líder da equipa LBC selecciona um barril, alternando as linhas e bicos de enchimento, deixando-o no local de recolha de amostras para Microbiologia, com indicação do lote, número do T.C.F., linha e bico amostrado (Figura 4.20A). A amostragem é, posteriormente, efectuada pelos analistas de Microbiologia. A recolha da amostra é feita para uma garrafa vazia estéril, em condições de assepsia (chama de um maçarico portátil) e por meio de um cabeçote estéril que é encaixado à vareta do barril e ligado a um tubo de CO₂ para contra-pressão (Figura 4.20B).

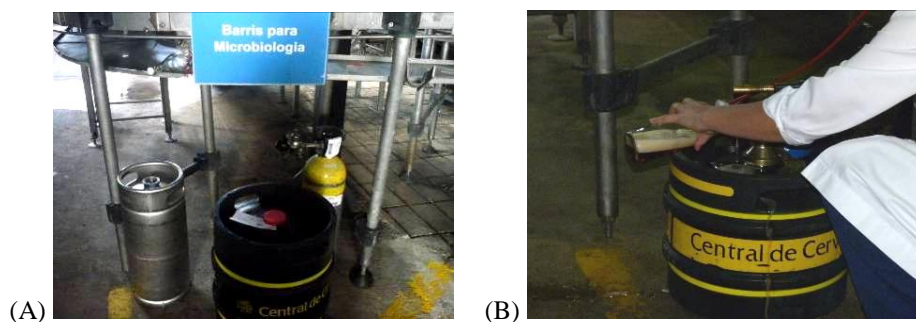


Figura 4.20 – Amostragem de cerveja em barril para controlo microbiológico. (A) Barril seleccionado para amostragem microbiológica; (B) Recolha asséptica de amostra de cerveja em barril.

Diariamente é ainda seleccionado aleatoriamente um barril de cerveja cheio, alternando linha e bico, para estabilidade biológica, ficando em repouso a temperatura ambiente durante 28 dias.

Também os barris vazios, após limpeza e esterilização interna, são analisados microbiologicamente para controlo do processo de higienização. A amostragem deve ser feita 1x/Semana, por linha e alternando os bicos de enchimento. O método de amostragem consiste no enxaguamento dos barris com solução salina estéril (NaCl 0,9 % (p/v)), que é posteriormente recolhida para análise microbiológica. A amostragem inicia-se com a despressurização do barril, o que é feito pelos próprios operados de enchimento logo que o barril é recolhido da linha. A montagem do sistema de recolha de amostra é feita através do encaixe de um cabeçote estéril, acoplado a um frasco com a solução salina, ao barril despressurizado (Figura 4.21A). Após abertura da válvula de CO₂ e entrada da solução para o interior do barril procede-se à sua agitação e rodagem no chão em todas as direcções, de modo a que todas as superfícies internas sejam enxaguadas pela solução. A solução é depois recuperada novamente para o frasco de recolha de amostra invertendo-se o barril (Figura 4.21B).

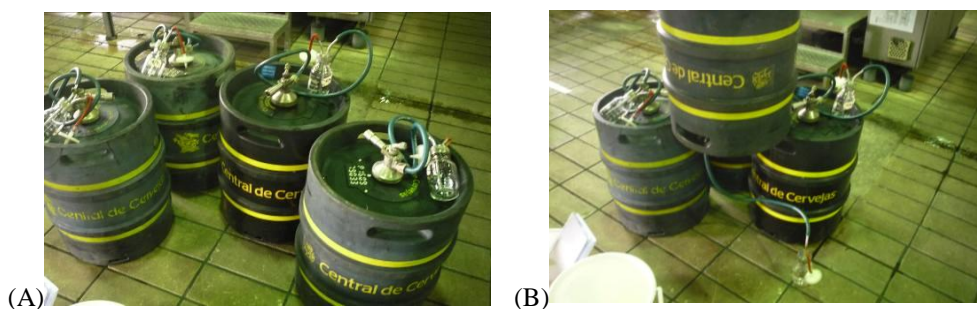


Figura 4.21 – Amostragem de barris lavados e esterilizados para controlo microbiológico. (A) Montagem do sistema de recolha de amostras com frascos de solução salina estéril; (B) Inversão dos barris para recolha da solução salina.

Para controlo organoléptico de cerveja em barril, é recolhido, semanalmente pelo líder de equipa, um barril aleatório de cerveja após enchimento, por tipo de cerveja e alternando as linhas. Do barril é recolhida assepticamente uma amostra de cerveja, pelos analistas de Microbiologia, para realização de um teste sensorial descritivo após 48 h.

As Tabelas 4.8 a 4.10 resumem todas as análises para controlo operacional, físico-químico, microbiológico e organoléptico realizadas na área de barris de cerveja.

Tabela 4.8 – Plano de controlo de parâmetros operacionais na área de barris de cerveja (MTI, SCC).

Amostra	Local	Tamanho	Frequência	Amostr. por	Analís. por	Análises	Parâmetro
Cerveja em barril	À saída da enchedora	2 Barris/ linha	Arranque/ mudança de T.C.F	Prod.	Prod.	CO ₂ , g/l O ₂ dissolvido, ppm	P P
	Saída máquina reatesto	1 Barril	Arranque/ mudança de T.C.F	Prod.	Prod.	CO ₂ , g/l O ₂ dissolvido, ppm	P P
	Saída da etiquetadora	1 Barril	2x/Turno	Prod.	Prod.	Índice de Qualidade de Embalagem, %	I
	Palete	1 Palete	2x/Turno	Prod.	Prod.	Índice de Qualidade de Embalagem, %	I
Cerveja	Flash	--	c/ Registo e alarme	Prod.	Prod.	Temperatura pasteurização, °C	H; P
						Caudal, HI/h	I
						Pressão na zona quente, bar	I
						Unidades Pasteurização, U.P.	HP
	TT	--	Arranque/ mudança de T.C.F.	Prod.	Prod.	CO ₂ , g/l	P
						O ₂ dissolvido, ppm	P
						Contra-pressão CO ₂ , bar	P
Vapor	Rede de Alimentação	--	1x/Turno	Prod.	Prod.	Pressão de vapor, bar	I
	Enchedoras	--	1x/Turno	Prod.	Prod.	Pressão de vapor, bar	I
Soluções C.I.P. circuitos	Linhas enchimento	--	c/ Registo e alarme	Prod.	Prod.	Temperatura, °C	P
						Concentração da soda, %	H
						Concentração do ácido, %	H
						Caudal, HI/h	I
Soluções C.I.P. barris	Tanques soda	--	c/alarme; 1x/Turno/linha	Prod.	Prod.	Concentração da soda, %	H
						Temperatura, °C	P
						Pressão, bar	P
	Tanques ácido	--	c/alarme; 1x/Turno/linha	Prod.	Prod.	Concentração da ácido, %	H
						Temperatura, °C	P
						Pressão, bar	P
	Tanques água quente	--	c/alarme; 1x/Turno/linha	Prod.	Prod.	Temperatura, °C	P
						Pressão, bar	P

P – Produto; H – Segurança Alimentar; I – Controlo interno.

Tabela 4.9 – Plano de controlo físico-químico na área de barris de cerveja (MTI, SCC).

Amostra	Local	Tamanho	Frequência	Amostr. por	Analís. por	Análises	Parâmetro
Cerveja em barril	À saída das enchedoras	2 L	2x/Semana/ Produto variando a linha de enchimento ¹	Prod.	Lab. F.Q.	Extracto primitivo, °P	P;L
						Extracto real e aparente, °P	I
						Álcool, % peso e vol.	P;L
						Cor e pH	P e I;L
						Grau real fermentação, %	I
						Turvação a 0 °C ² e Amargor,	P
						Estabilidade espuma ³	I
						SO ₂ , ppm ³	I;L
						Diacetilo, Ferro e Cálcio ⁴	I
Soluções C.I.P. circuitos	Tanque soda	300 mL	1x/Semana	Prod.	Lab. F.Q.	Causticidade, carbonatos, %	P
	Tanque. ácido	300 mL	1x/Semana	Prod.	Lab. F.Q.	Concentração da solução, %	P

(Continuação da Tabela 4.9)

Amostra	Local	Tamanho	Frequência	Amostr. por	Analís. por	Análises	Parâmetro
Soluções C.I.P barris	Tanque soda	300 mL	1x/Dia	Prod.	Lab. F.Q.	Causticidade, carbonatos, %	P
	Tanque de sol. ácida	300 mL	1x/Dia	Prod.	Lab. F.Q.	Concentração da solução, %	P

¹ Excepto *Foster's* – enchimento de todos os T.C.F.; ² Excepto Sagres Preta e Bohemia; ³ Semanal/ tipo de cerveja; ⁴ Apenas em *Foster's*; P – Produto; L – Obrigatoriedade; I – Controlo interno.

Tabela 4.10 – Plano de controlo microbiológico e organoléptico na área de barris de cerveja (MTI, SCC).

Amostra	Local	Tamanho	Frequência	Amostr. por	Analís. por	Análises	Parâmetro
Cerveja em barril	Após enchimento	1 Barril (± 300 mL)	1x/Turno alternando linhas e bicos	Lab.Mic	Lab. Mic	Bactérias lácticas Contagem Total Turvação microbiológica	P; H P; H P; H
	Após enchimento	1 Barril (± 300 mL)	1x/Turno alternando linhas e bicos	Prod.	Lab. Mic	Estabilidade biológica	I
	Após enchimento	1 Barril	Semanal por tipo de cerveja alternando as linhas ¹	Prod.	Lab. Mic	Teste descritivo após 48 h	I
	Saída <i>Flash</i>	Membrana	1x/Turno/ <i>Flash</i>	Lab.Mic	Lab. Mic	Bactérias lácticas Leveduras Bactérias aeróbias	P;H P;H H
Cerveja	Tanque Tampão	Membrana	1x/Turno/Tanque	Lab.Mic	Lab. Mic	Bactérias lácticas Leveduras Bactérias aeróbias	P;H P;H H
Barril lavado	Saída lavadora	1 Barril c/ 200 mL de água estéril	1x/Semana/Linha alternando bicos	Lab. Mic	Lab. Mic	Contagem Total	H

P – Produto; H – Segurança Alimentar; I – Controlo interno.

4.5 DESEMPENHO MICROBIOLÓGICO NA ÁREA DE BARRIS

O desempenho dos resultados microbiológicos da área de enchimento de barris de cerveja é representado através do indicador FTR Microbiologia das linhas barris (FTR Micro LBC). A actualização do FTR Micro LBC é feita semanalmente, incorporando os resultados microbiológicos obtidos nas amostragens diárias feitas à cerveja em barril após enchimento, ao longo de uma determinada semana (1 Barril/Turno). Uma amostra é considerada dentro dos parâmetros de especificação microbiológica caso apresente ≤ 5 ufc's/100 mL de microrganismos aeróbios (bactérias e/ou leveduras), 0 ufc's/ 100 mL de bactérias ácido lácticas e ausência de anaeróbios estritos *Pectinatus* spp. e *Megasphaera* spp (MTI, SCC). O seu valor incorpora os resultados microbiológicos obtidos na totalidade das linhas de barris. Tratando-se

de linhas de enchimento com pasteurização *Flash*, são linhas particularmente críticas à contaminação microbiológica, devendo as condições de assepsia e higiene ser garantidas ao longo de todo o percurso da cerveja desde o processo de pasteurização até ao enchimento. O seu cálculo é obtido de acordo com a seguinte fórmula:

$$\% \text{ FTR Micro LBC} = 0,2 \times \% \text{ FTR Micro aeróbios} + 0,4 \times \% \text{ FTR Micro bactérias lácticas} + 0,4 \times \% \text{ FTR Micro anaeróbios estrictos}$$

Um FTR Micro de 100 % indica condições excelentes de assepsia e higiene de todo o processo de enchimento de cerveja em barril, pressupondo elevado nível de qualidade microbiológica da pasteurização *Flash* da cerveja, do percurso da cerveja do TT até às máquinas enchedoras e do seu enchimento em barris perfeitamente limpos e esterilizados.

Anualmente são definidos objectivos a atingir em termos de desempenho microbiológico das várias linhas de enchimento da fábrica. Como objectivo para 2011 estava definido atingir um valor em FTR Micro para toda a área de enchimento de 94 %, para as linhas de enchimento *Flash* de 95 %, e para as linhas de enchimento de barris de cerveja, em particular, pretendia-se atingir um valor de 97 %.

Capítulo 5

METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

5. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

5.1 ENQUADRAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O indicador de desempenho microbiológico do ano de 2011 na área de enchimento de cerveja em barril da Empresa (FTR Micro linhas BC) apresentava, até à Semana 14 (4 a 10 de Abril de 2011) oscilações, estando abaixo dos objectivos propostos para o ano em termos de acumulado (95,3 % vs 97 %) (Figura 5.1). Tendo em conta que este valor tem impacte e pode comprometer os objectivos estratégicos da Empresa relativamente ao desempenho geral dos resultados microbiológicos (objectivo FTR Micro geral da Fábrica de 80 %) e, além disso, em função do volume de cerveja que é produzido nas linhas de enchimento de barris, esta situação mereceu especial atenção da Empresa, necessitando de medidas de intervenção para melhoria do desempenho microbiológico e evitar situações de abate e reproprocessamento por cerveja fora dos parâmetros microbiológicos.

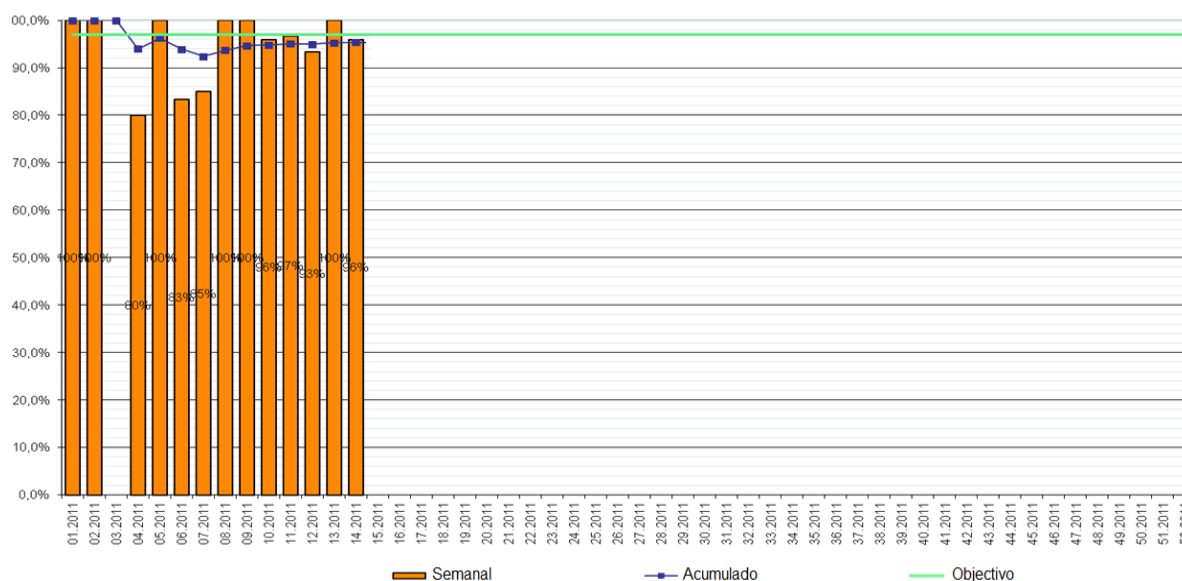


Figura 5.1 – Evolução do indicador FTR Micro LBC (%) até à Semana 14 de 2011 em valor semanal e acumulado. Valor FTR Micro LBC acumulado de 95,3 %; Objectivo para 2011 de 97 %.

5.2 OBJECTIVOS

Face aos resultados do indicador FTR Micro LBC e ao seu impacte ao nível do FTR Micro geral da Empresa, aquilo que se propõe é melhorar o desempenho microbiológico do processo de enchimento de cerveja em barril, de modo a melhorar o seu indicador. Pretende-se atingir ou

superar o objectivo de 97 % proposto, tendo como actual valor acumulado 95,3 %, através da criação de uma equipa de melhoria específica TPM. Na Figura 5.2 está representado o desdobramento dos indicadores microbiológicos ao nível do enchimento de cerveja, linhas *Flash* e linhas *Flash* de barris, e o respectivo objectivo proposto para 2011 e para a equipa de melhoria. A respectiva fórmula de cálculo é aquela indicada na Tabela 3.5 (Capítulo 3).

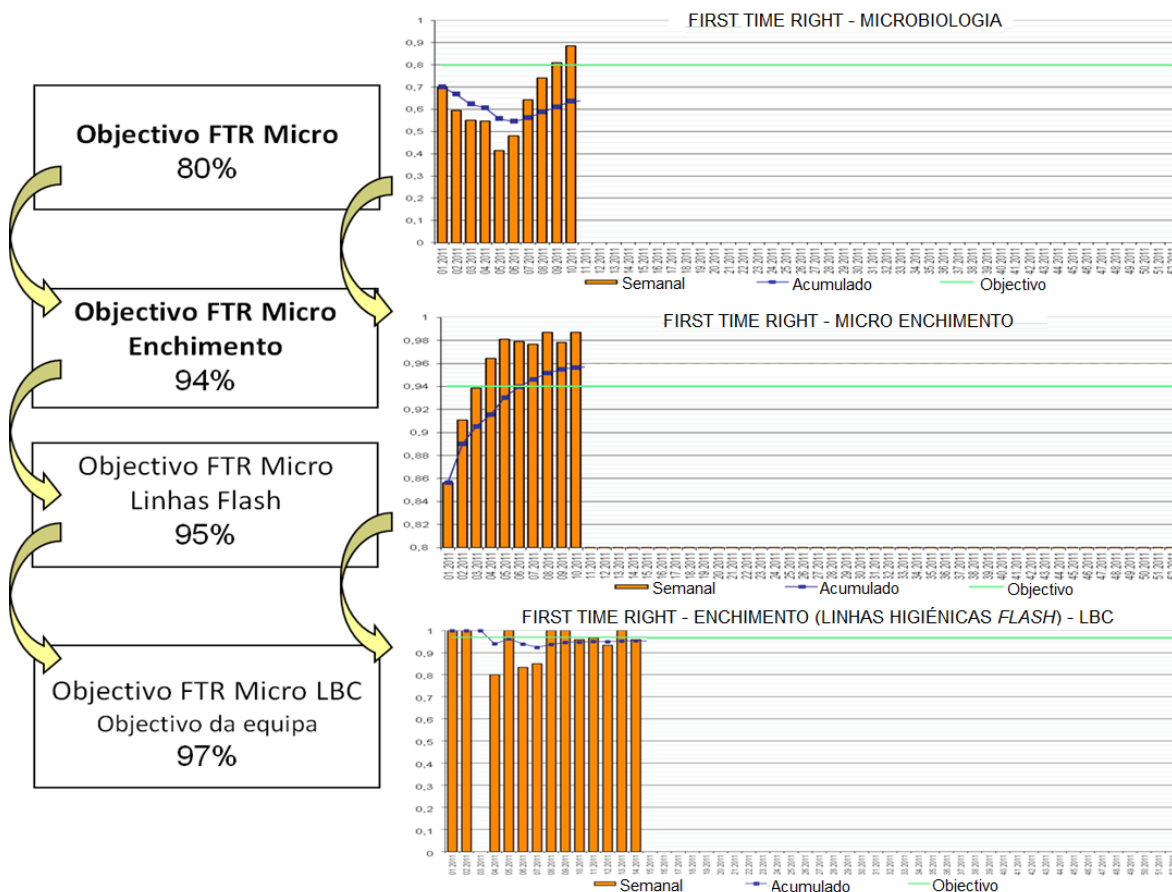


Figura 5.2 – Desdobramento do indicador FTR Micro, em termos de enchimento de linhas *Flash* e respectivos objectivos propostos.

5.3 CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA

Para atacar o problema foi criada uma equipa de melhoria específica TPM do indicador microbiológico das linhas de enchimento de barris de cerveja, que arrancou em funções a 15 de Abril de 2011, Semana 15 (equipa de melhoria do FTR Micro da linha BC). A equipa era constituída por quatro elementos multidisciplinares, cada um apresentando uma função e responsabilidade definida (Tabela 5.1). A Eng.^a Filomena Araújo, como responsável da área de enchimento de barris de cerveja, assumiu a função de *sponsor* (ou “patrocinadora” da equipa) e facilitadora neste trabalho.

Tabela 5.1 – Equipa de melhoria específica do indicador microbiológica das linhas de enchimento de barris de cerveja (equipa de melhoria FTR Micro LBC).

Equipa				
Nome	Dr. Pedro Vicente	Flávia Fernandes	Isidoro Mourão	Joaquim Amaral
Função na SCC	QA Manager Beer and Soft Drinks	Estagiária (Qualidade)	Técnico de Laboratório de Microbiologia	Operador Principal de Enchimento de barris de cerveja
Responsabilidade na equipa	Líder da equipa; actualização do quadro da equipa	Planeamento e acompanhamento das acções e ensaios; recolha de dados	Recolha de dados; controlo Laboratorial	Realização e registo dos ensaios, recolha de dados

De forma a que qualquer pessoa pudesse perceber e ter contacto com o tipo de trabalho desenvolvido pela equipa foi lançado um Relatório Inicial da Equipa (*Team Initial Report*), que explica e detalha o problema a atacar, objectivos e metodologia a aplicar (Figura 5.3).

Team Initial Report

1.1. Title	1.2. Department & Machine (Area) involved	1.3.Problem description (What is problem / Why is it a problem?)	1.4. Weekly Meeting on: (day & time)
Melhoria do FTR Micro da linha BC	Enchimento (linha BC)	As linhas 4 e BC são as únicas actualmente abaixo do objectivo em termos de acumulado, sendo a linha BC mais crítica em função do volume produzido.	6.ª, 15:00-16:00
2.1.Team leader & members		2.2. Sponsor of the project (possibly the Pillar Leader)	
Pedro Vicente (TL), Flávia Fernandes, Isidoro Mourão e Joaquim Amaral		Filomena Araújo	
3. Methods/tools to be used			
Rota de Redução de Defeitos Microbiológicos, incluindo Matriz QA, etiquetas, Ishikawa e 5 Porquês			
4. Expected Output of the Team (at the moment of the Team Final Evaluation)			
FTR Micro = 97%, sendo o FTR Micro inicial de 95,3%			
5. Quantitative (long term - 4 months) Objectives of the Team (to be achieved with the full implementation of all countermeasures)		6. Potential Savings (KEuro/year)	
FTR Micro = 97% (acumulado)		N/A	

Figura 5.3 – *Team Initial Report*. TL – Team Leader (Lider da equipa)

5.4 MÉTODOS

Para atingir o objectivo proposto foram usadas várias ferramentas TPM. Foi feito o tratamento e desdobramento de vários dados e efectuada a recolha e análise de uma ampla gama de amostras em laboratório, incluindo análises microbiológicas e físico químicas, levadas a cabo nos laboratórios da Fábrica de Vialonga. Foram restabelecidas condições básicas do processo de enchimento de barris de cerveja, implementadas no terreno melhorias e produzidas instruções de trabalho (L.U.P's) para a consistência das melhorias efectuadas.

5.4.1 Ferramentas TPM

O principal método utilizado para atacar o problema descrito foi a Rota de Redução de Defeitos Microbiológicos desenvolvida pela empresa de consultadoria *Solving Efeso* em conjunto com a *Heineken*, que serviu como guia à definição das actividades da equipa (Figura 5.4). Para aplicação da metodologia foram utilizadas várias ferramentas TPM e de análise, incluindo a Matriz QA, Diagrama de *Ishikawa*, 5 Porquês, Matriz QX e QM, e abertura de etiquetas de anomalias.

Para o enquadramento e orientação dos procedimentos a seguir, foi definido um *Master Plan*, com indicação do tempo planeado ou previsto para a realização das actividades de cada passo principal da Rota (Figura 5.5).

Passos da Rota			Abril			Maio				Junho					Julho				Agosto				Setembro			
			\$15	\$16	\$17	\$18	\$19	\$20	\$21	\$22	\$23	\$24	\$25	\$26	\$27	\$28	\$29	\$30	\$31	\$32	\$33	\$34	\$35	\$36	\$37	\$38
1	Identificar as origens dos defeitos																									
2	Restaurar condições básicas e estabelecer padrões																									
3	Encontrar causas raiz para defeitos recorrentes																									
4	Implementar acções de melhoria																									
5	Analisar todos os defeitos																									
6	Melhorar o Sistema de Qualidade para sustentar os ganhos																									

Figura 5.5 – *Master Plan* da equipa FTR Micro LBC. Legenda: Azul – acções planeadas; Verde - acções implementadas.

Todas as actividades a serem realizadas pela equipa foram assentes num Plano de Acção (Figura 9.1, Anexo I), actualizado permanentemente em cada reunião.

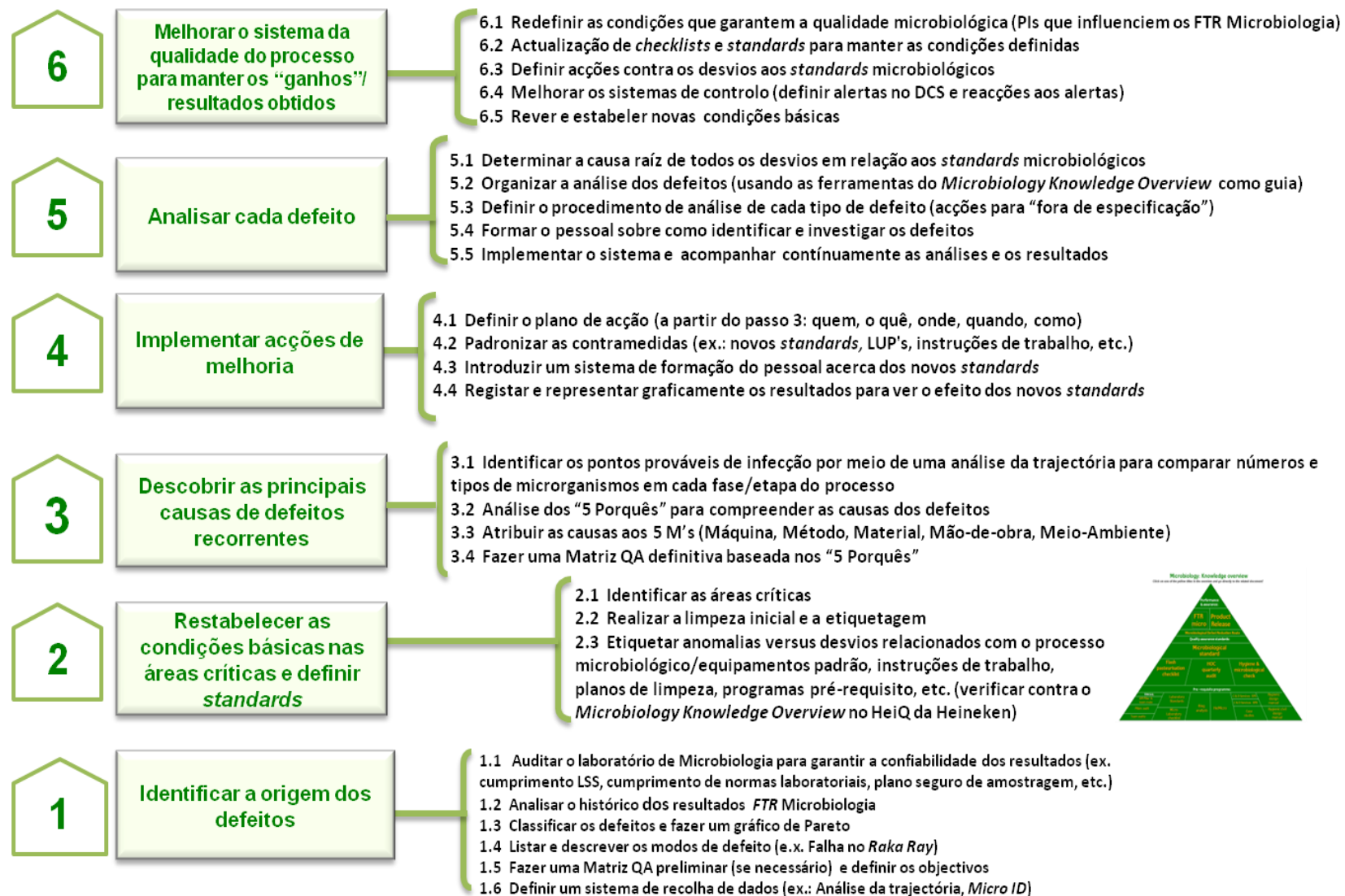


Figura 5.4 – Rota de Redução dos Defeitos Microbiológicos desenvolvida pela *Solving Efeso/Heineken*. DCS – *Daily Control System* (Sistema de Controlo Diário)

As actividades realizadas, plano de acção, levantamento de resultados, propostas de melhoria, resultados de auditorias, etc., foram evidenciadas num quadro de equipa (Figura 5.6). O quadro serviu como um instrumento visual para tornar evidente a todos questões como “quais os problemas que se estão a enfrentar?”, “como se vai resolver estes problemas?”, “qual a evolução do indicador?”, de forma a poder-se executar os objectivos traçados.

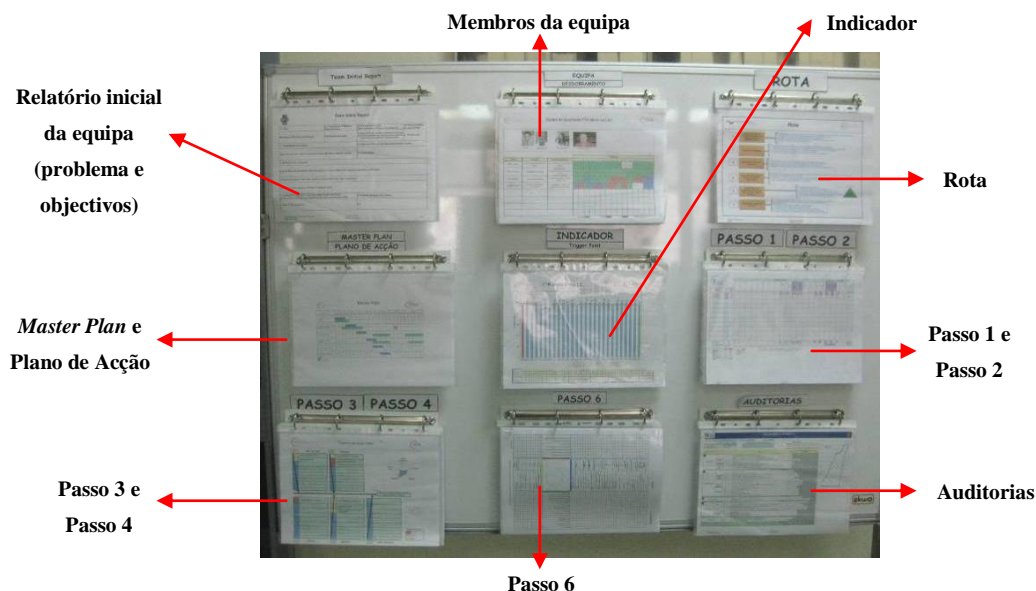


Figura 5.6 – Quadro de actividades da equipa de melhoria do indicador FTR Micro LBC.

5.4.2 Fluxograma do processo

Para o cumprimento do objectivo proposto e do fluxo de trabalho e actividades a realizar foi vital, como primeira etapa, a compreensão e análise de todo o processo de enchimento de cerveja em barril e dos principais pontos chaves onde, caso ocorram falhas, podem comprometer a qualidade microbiológica do processo. Assim, foi necessário compreender os seguintes processos, através do contacto no terreno com técnicos especialistas e os próprios operadores de enchimento:

- I. Processo de pasteurização e circuito da cerveja até às enchedoras.
- II. Processo de higienização e esterilização de barris retornáveis para o enchimento.
- III. Processo de rejeição de barris cheios e retorno às linhas de enchimento.
- IV. Processo de limpeza e higienização dos circuitos e equipamentos; tanques de C.I.P.
- V. Processo dos laboratórios.

Para mais fácil compreensão destes processos apresenta-se na Figura 5.7 o fluxograma geral de enchimento de barris, em que convergem dois processos paralelos, nomeadamente o da pasteurização e enchimento da cerveja e o dos barris vazios até ao enchimento.

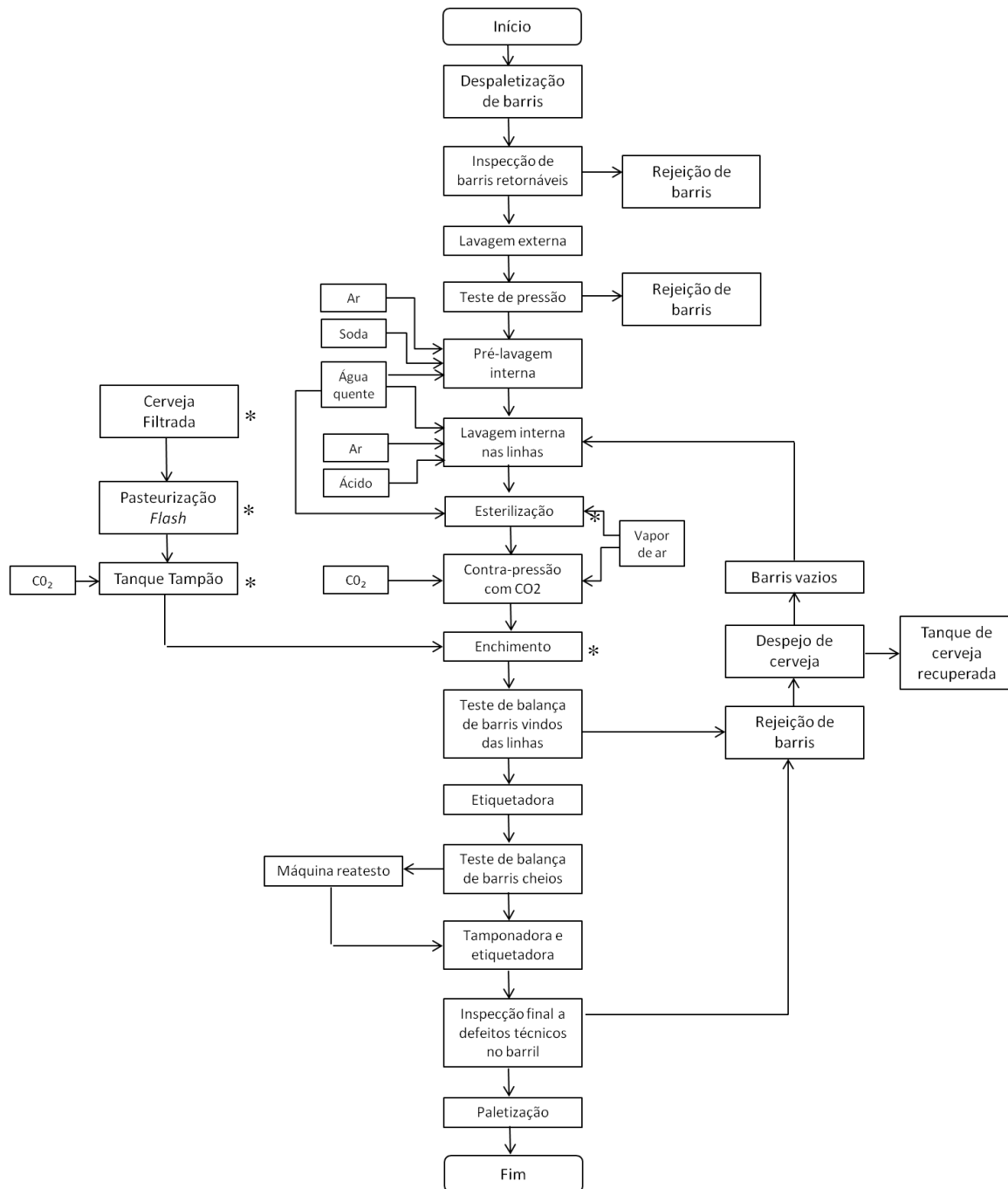


Figura 5.7 – Fluxograma do processo de enchimento de cerveja em barril. * Pontos de amostragem para análise microbiológica.

5.4.2 Análise preliminar de dados

Foi feita a análise do histórico de resultados das amostras microbiológicas recolhidas no controlo de rotina na área de enchimento de cerveja em barril. Para tal, procedeu-se à recolha de informação armazenada no Sistema SAP QM, sistema electrónico de registo diário de resultados, e SAP BW, onde é possível acompanhar a evolução dos indicadores-chave de desempenho.

5.4.3 Métodos laboratoriais

Para avaliação do desempenho microbiológico do processo de enchimento de cerveja em barril, além da análise e desdobramento do histórico de resultados, foi feita a recolha no terreno e análise laboratorial de uma vasta gama de amostras. Este processo incluiu o acompanhamento e realização do plano de controlo de amostras de rotina e de amostras extra-rotina com potencial impacte no desempenho da qualidade microbiológica do processo de enchimento de cerveja em barril, incluindo amostras para análise microbiológica e físico-química.

5.4.4.1 Análises microbiológicas de controlo de rotina

Como forma de analisar a evolução do indicador FTR Micro LBC e averiguar as condições higiénicas do processo de enchimento de cerveja em barril, foi acompanhado e realizado, juntamente com os analistas de Microbiologia, o plano de rotina de recolha e análise microbiológica de amostras na área dos barris. Desta forma foi feita a amostragem diária de cerveja à saída dos *Flash*, nos TT e em barril após enchimento, além das amostragens semanais aos barris vazios lavados e esterilizados antes do enchimento, tal como descrito no Capítulo 4. A metodologia incluiu técnicas de filtração por membrana, plaqueamento em meios específicos, incubação e leitura de placas para pesquisa e quantificação de microrganismos aeróbios, bactérias lácticas e bactérias anaeróbias estritas.

5.4.4.1.1 Filtração por membrana

Todas as amostras de cerveja em barril após enchimento e de solução salina dos barris lavados (100 mL) foram previamente filtradas assepticamente através de uma membrana estéril de ésteres mistos de celulose (S-PakTM Membrane Filter, Millipore Corporation) com porosidade 0,45 µm para concentração dos eventuais microrganismos presentes.

5.4.4.1.2 Sementeira de membranas filtrantes

Após filtração laboratorial (amostras de cerveja em barril ou solução salina de barris lavados) ou em sistema de filtração contínuo (amostras de cerveja à saída dos *Flash* e nos TT), as membranas foram transferidas assepticamente para uma placa de *Petri* e colocadas sobre um meio de cultura específico, conforme o tipo de microrganismo a pesquisar. Para pesquisa de microrganismos aeróbios (leveduras e bactérias – contagem total de aeróbios) e de bactérias ácido lácticas, foram usados dois meios distintos, pelo que a membrana com a amostra concentrada foi dividida ao meio,

sendo cada parte colocada sobre uma das duas placas com meio específico. Posteriormente, para quantificação do número de colónias formadas (ufc's) procedeu-se à duplicação dos resultados.

5.4.4.1.3 Pesquisa de microrganismos aeróbios

Para detecção e quantificação de microrganismos aeróbios totais (bactérias e leveduras), as membranas foram colocadas em placas com WLN *Agar* (Merck – cat. N.º: 1) e incubadas em estufa durante 3 dias a $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Após a incubação procedeu-se à contagem das colónias. A distinção do tipo de microrganismo(s) presente(s) foi feita utilizando métodos apropriados.

5.4.4.1.4 Pesquisa de bactérias ácido lácticas

Para detecção e quantificação de bactérias ácido lácticas, as membranas foram colocadas em placas com *Raka-Ray Agar* N.º 3 (Difco – cat. N.º. 218671) e incubadas em condições de anaerobiose durante 5 dias a $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Após a incubação procedeu-se à contagem das colónias. A confirmação como bactérias lácticas foi feita através de observação morfológica das células ao microscópio, coloração de Gram (Doetsch, 1981) e teste para a presença da catalase (Smibert and Krieg, 1981).

5.4.4.1.5 Pesquisa de bactérias anaeróbias estritas

As espécies de bactérias anaeróbias estritas prejudiciais à cerveja, *Pectinatus* spp. e *Megasphaera* spp., não são detectáveis pelos processos microbiológicos normais de cultura em placa. Para a sua detecção foi usado o meio líquido NBB-C (Döhler Group).

A pesquisa de bactérias anaeróbias estritas foi efectuada apenas para as amostras de cerveja em barril após enchimento. Após a amostragem adicionou-se de imediato a amostra ao meio preparado numa garrafa de pressão estéril, que foi de imediato fechada e invertida suavemente para induzir a formação de espuma. Voltou-se a abrir a garrafa para libertar o O_2 e fechou-se novamente. As garrafas foram incubadas durante 11 dias a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, após o qual foram examinadas quanto à presença de turvação. Em garrafas que apresentaram turvação foi feita uma observação dos microrganismos através de um exame ao microscópio do líquido turvo e realização de testes rápidos confirmativos para identificação de *Pectinatus* spp. e *Megasphaera* spp., incluindo observação morfológica das células ao microscópio, coloração de Gram (Doetsch, 1981), teste para a presença da catalase (Smibert and Krieg, 1981) e teste de solubilidade em KOH (Gregersen, 1978).

5.4.4.2 Análises físico-químicas de controlo de rotina

Além das análises laboratoriais microbiológicas de rotina, foi analisado o histórico de resultados relativos à qualidade físico-química das soluções detergentes dos barris, de forma a avaliar o seu estado de qualidade e potencial impacto negativo na eficiência das C.I.P's. Paralelamente, foram efectuadas e acompanhadas as análises de rotina das amostras de detergentes no Laboratório de Físico-Química.

5.4.4.2.1 Concentração da solução ácida de C.I.P. de barris

Pipetou-se 50 mL de amostra de solução ácida (P3-horolith V) de C.I.P. interna ou dos circuitos/equipamentos para um *erlenmeyer* de 100 mL. Juntou-se duas a três gotas de solução de fenolftaleína e titulou-se com uma solução de NaOH 1 N (Merck) até viragem do indicador de incolor a rosa. Os resultados foram obtidos através do seguinte cálculo:

$$\text{Concentração (\% em vol.)} = V \times 0,28$$

em que, V corresponde ao volume de NaOH 1 N gasto na titulação.

5.4.4.2.2 Concentração em carbonatos e causticidade da soda de C.I.P. de barris

Pipetou-se 10 mL de amostra de solução de soda cáustica de C.I.P. interna ou dos circuitos/equipamentos para um *erlenmeyer* de 50 mL. Juntou-se duas a três gotas de solução de laranja de metilo (*metil orange*) e titulou-se com HCL 1 N (Merck) até viragem do indicador de incolor a laranja claro (cor de “casca de cebola”). Após a primeira titulação, procedeu-se a uma segunda titulação com a mesma solução de HCl até viragem do indicador a incolor. Os resultados foram obtidos através dos seguintes cálculos:

$$\text{Causticidade (\% p/v)} = (2 \times P - M) \times 0,4$$

$$\text{Carbonatos (\% p/v)} = (M - P) \times 1,06$$

em que, P corresponde ao volume de HCl 1 N gasto no primeiro ponto de titulação, e M corresponde ao volume total de HCl 1 N gasto desde o início da titulação.

5.4.4.3 Análises laboratoriais de controlo extra rotina

Além das análises de rotina, foram efectuadas amostragens e análises extra rotina, de forma a confirmar ou despistar possíveis fontes de contaminação microbiológica e pontos críticos na área de barris de cerveja para a qualidade microbiológica.

5.4.4.3.1 Recolha e análise microbiológica de CO₂ e gases

Foi efectuada recolha asséptica de amostras de CO₂ para contra-pressão e ar usado no processo de lavagem interna dos barris.

A técnica de amostragem consiste em fazer borbulhar, durante cerca de 30 s., o gás numa solução salina estéril (solução aquosa de NaCl 0,9 % (p/v)) contido num frasco de 1 L, na qual os microrganismos eventualmente presentes ficam retidos. O líquido foi depois filtrado através de uma membrana filtrante para pesquisa de bactérias lácticas e contagem total de microrganismos aeróbios.

5.4.4.3.2 Recolha e análise microbiológica de soluções e água de higienização

As soluções de detergentes e água utilizada nos sistemas C.I.P. de limpeza interna de barris e de higienização dos circuitos/equipamentos podem apresentar contaminação microbiológica, comprometendo a sua qualidade e eficácia no processo de higienização. Para controlo da qualidade microbiológica de produtos de higienização foi feita recolha de amostras de soda cáustica, de soluções ácidas e de águas quente, dos tanques de C.I.P. de limpeza interna dos barris e dos tanques de C.I.P. dos circuitos/equipamentos.

A amostragem foi feita assepticamente a partir de torneiras dos tanques de C.I.P. para uma garrafa estéril, após desinfecção da torneira com álcool e flamejo com chama de um maçarico portátil. Todas as amostras foram analisadas para pesquisa de aeróbios totais e de bactérias ácido lácticas, após filtração a vácuo por uma membrana estéril de 100 mL de amostra.

5.4.4.3.3 Recolha e análise microbiológica de água de entrada em recirculação

A água que entra em recirculação nos *Flash*, circuitos e TT, quando ocorre alguma falha no processo de pasteurização, pode apresentar contaminação microbiana que contamina os circuitos de reciclagem e de saída do *Flash* e, consequentemente, da cerveja. Além de se poder confirmar a contaminação da água de entrada em recirculação observando-se a qualidade microbiológica da

cerveja nos pontos de amostragem à saída dos *Flash*, quando a entrada em recirculação era observada, também foi feita recolha de amostras dessa água para análise laboratorial.

A amostragem das águas foi feita a partir dos pontos de amostragem septados à saída dos *Flash*, por meio de uma seringa estéril de 100 mL e agulha estéril. Todas as amostras foram analisadas para pesquisa de microrganismos aeróbios totais e de bactérias ácido lácticas, após filtração a vácuo por uma membrana estéril de 100 mL de amostra.

5.4.4.3.4 Recolha e análise microbiológica de águas de enxaguamento final

Além do controlo dos processos de higienização através da análise da qualidade microbiológica da cerveja recolhida pelos analistas ao longo dos vários pontos críticos do processo de enchimento de barris o seu nível de higienização foi avaliado através de formas mais directas. Após o processo de limpeza e desinfecção, a água final de enxaguamento pode dar-nos uma indicação directa do nível de microrganismos nas superfícies internas de equipamentos ou tubulações. No caso de existir crescimento de microrganismos nas amostras retiradas, significa que os processos de higienização não foram totalmente bem sucedidos, uma vez que ainda estão presentes microrganismos que deveriam ter sido eliminados durante a limpeza e esterilização.

Para controlo da higienização dos circuitos/equipamentos, foi feita a colheita de amostras de águas finais de enxaguamento nos *Flash* e nos TT. A amostragem foi feita a partir de pontos de amostragem nos pasteurizadores (torneiras) e nos TT (ponto de amostragem septado). A recolha de águas de enxaguamento nos pasteurizadores foi feita assepticamente para uma garrafa estéril após desinfecção com álcool e flamejo da torneira. No caso de amostras dos TT, a recolha de amostras de água foi feita por meio de uma seringa estéril de 100 mL, com a agulha perfurando o septo do ponto de amostragem.

Todas as amostras de águas finais de enxaguamento recolhidas foram analisadas para pesquisa de microrganismos aeróbios totais e de bactérias ácido lácticas, após filtração a vácuo por uma membrana estéril de 100 mL de amostra.

5.4.4.3.5 Bioluminescência

Para avaliar de forma rápida e directa os padrões de higiene e procedimentos C.I.P. dos circuitos/equipamentos procedeu-se à técnica de bioluminescência.

A análise foi efectuada por meio de um *Kit* comercial de bioluminescência, contendo aplicadores com zaragatoas estéreis prontos para serem utilizadas. A sua medição e leitura foi efectuada imediatamente num aparelho Uni-Lite Xcel, sendo os resultados obtidos expressos em RLU's.

5.4.4.3.6 Carência Química em Oxigénio (CQO)

Uma vez que os detergentes dos sistemas C.I.P. são recuperados, estes podem apresentar quantidade de material orgânico (e inorgânico) de resíduos cerveja, que pode propiciar o desenvolvimento de microrganismos contaminantes, afectando a sua qualidade. A determinação do seu teor total em matéria orgânica foi feita através de análise da CQO.

A análise foi efectuada nos laboratórios da ETAR da Fábrica de Vialonga. Para a determinação da CQO foram usados *kits* comerciais de ensaio fotométrico (Spectroquant®, Merck) gama 500 - 10000 mg/L O₂, onde todos os reagentes necessários já estão contidos no interior da célula de reacção (cuvete), tornando-se apenas necessário a adição da amostra (0,5 mL). A célula com amostra foi colocada num termoreactor durante 15 min a 170 °C. Após a digestão e arrefecimento, a célula de reacção foi colocada num espectrofotómetro e foi registado o valor de CQO em mg/L O₂.

Capítulo 6

ABORDAGEM EXPERIMENTAL

6. ABORDAGEM EXPERIMENTAL

Para a abordagem experimental do problema procurou-se seguir os passos da Rota de Redução dos Defeitos Microbiológicos, embora nem todos os passos ou subpassos tenham sido seguidos. O Passo 5 não foi aplicado na abordagem da equipa, embora o acompanhamento contínuo dos resultados e análises tenha sido efectuado após fecho da equipa.

6.1 PASSO 1 - IDENTIFICAÇÃO DA ORIGEM DOS DEFEITOS

6.1.1 Auditar o laboratório de Microbiologia

O primeiro passo para a redução de defeitos microbiológicos de qualquer processo é garantir a confiabilidade das análises efectuadas e, consequentemente, dos seus resultados, através do cumprimento de normas laboratoriais. Como já foi referido no Capítulo 1, os Laboratórios de Microbiologia e Físico-Química da Fábrica de Vialonga foram certificados a 28 de Setembro de 2011, no âmbito LSS. Ao fim de um processo de implementação, que durou cerca de um ano, os laboratórios foram contemplados com uma estrela, cumprindo uma série de dez requisitos da norma LSS, relativos a: (i) existência de pessoal competente e qualificado e descrição clara das respectivas tarefas e responsabilidades; (ii) cumprimento dos métodos, instruções e planos de trabalho de acordo com padrões laboratoriais da *Heineken*; (iii) sistema de codificação e identificação de amostras, reagentes e instrumentos; (iv) existência de um plano de manutenção e calibração dos equipamentos e instrumentos de laboratório; (v) realização de auditorias internas e externas regulares; (vi) sistema de linhas de controlo com KPI's para averiguar a precisão e exactidão dos métodos de análise (cartas de controlo *Shewart* e participação em interlaboratoriais); (vii) existência de um plano de amostragem de microbiologia, com indicação do tipo de amostras a recolher, método de amostragem, frequência e tipo de análise a efectuar; (viii) sistema de rastreabilidade das amostras e resultados finais.

6.1.2 Análise do histórico de resultados

Para além de se perceber que existem problemas microbiológicos, é necessário saber como eles ocorrem e tentar perceber a sua origem. Como ponto de partida para a identificação da origem dos defeitos microbiológicos na área de enchimento de barris de cerveja foi feita uma análise prévia do histórico dos resultados de amostras recolhidas diariamente para análise laboratorial. Através da análise e tratamento de dados tentou-se perceber qual o tipo de

contaminação mais frequente e quais os microrganismos predominantes nas amostras de cerveja em barril contaminadas, além de se tentar relacionar a contaminação da cerveja com o seu percurso desde a saída do pasteurizador, TT, enchedoras e estado de higienização do vasilhame (barril vazio) e o seu potencial impacto no FTR Micro LBC.

Embora o objectivo da equipa seja a melhoria do indicador FTR Micro referente a 2011, como a dimensão da amostra para este ano era pequena, e uma vez que os problemas microbiológicos na área de barris são recorrentes, para uma maior confiabilidade dos resultados e conclusões a partir daí retiradas, foram considerados também os dados de 2010. Assim, foi analisado o histórico de resultados desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011, num total de 376 resultados de amostras (251 amostras de 2010 e 125 amostras de 2011).

A Tabela 6.1 apresenta os resultados microbiológicos relativos ao período total analisado e apenas para o ano de 2010 e para os meses considerados de 2011, apresentados sob a forma de FTR Micro LBC. Do total de amostras analisadas, 58 apresentaram resultados fora de especificação microbiológica (37 amostras de 2010 e 21 amostras em 2011). Isto é, amostras que apresentavam contagens de microrganismos não aceitáveis, em aeróbios ≥ 5 ufc's/100 mL, bactérias lácticas ≥ 0 ufc's/100 mL e/ou presença de *Pectinatus* spp. e/ou *Megasphaera* spp (MTI, SCC). O tipo de microrganismos contaminantes mais frequente em 2010, e cuja tendência parece manter-se em 2011, pertence ao grupo dos aeróbios sendo que, das 58 amostras fora de especificação, 56 apresentaram contaminação com microrganismos aeróbios (ou anaeróbios facultativos), bactérias e/ou leveduras. O segundo tipo de microrganismos mais frequente são as bactérias ácido lácticas (em 58 amostras fora de especificação microbiológica, 5 apresentaram contaminação com bactérias ácido lácticas). Notou-se um particular aumento do número de amostras com bactérias ácido lácticas em 2011, comparativamente com o ano de 2010 (4 amostras com bactérias lácticas em pouco mais de um semestre, em relação a apenas uma amostra em todo o ano de 2010). Tal situação fez baixar particularmente o desempenho microbiológico do processo de enchimento de barris e o seu indicador para 2011. Apenas duas amostras apresentaram presença de *Megasphaera* spp., ambas apenas no início do ano de 2010, e não se registou presença de *Pectinatus* spp. Através da Figura 6.1, que indica o tipo de contaminação mais frequente, é ainda possível verificar que a associação microbiológica mais frequente nas amostras que apresentaram resultados fora de especificação é a contaminação concomitante com bactérias aeróbias e leveduras (48,3 %), seguindo-se contaminação apenas com bactérias aeróbias (27,6 %) e só com leveduras (12,1 %). Constatou-se que a contaminação com bactérias ácido lácticas nunca aconteceu isoladamente, ou seja, as amostras contaminadas com bactérias lácticas apresentavam associação com algum tipo de microrganismo aeróbio, maioritariamente

contaminação simultânea com bactérias aeróbias e leveduras (5,2 %), corroborando a teoria da sucessão microbiológica de microrganismos em ambiente cervejeiro (Back, 1994; Timke, 2004).

O grupo dos microrganismos aeróbios, incluindo bactérias e/ou leveduras assumiu-se assim como principal tipo de microrganismo a “combater”. Tal permitirá não só aumentar o FTR Micro Aeróbios LBC e, conseqüentemente, o desempenho microbiológico geral da área de enchimento de cerveja em barril, já que os aeróbios têm um peso de 20 % no cálculo do FTR Micro LBC, como também prevenir mais situações de contaminação concomitante com anaeróbios através da formação de associações microbiológicas em biofilmes.

Tabela 6.1 – Resultados microbiológicos em barris desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011.

Microrganismo/ Amostra		2010	2011	2010+2011
Aeróbios (WLN)	Nº Medições	251	125	376
	Nº Res. Fora Especificação	35	21	56
	FTR Micro Aeróbios (%)	86,1	83,2	85,1
Bactérias ácido lácticas (<i>Raka-Ray</i>)	Nº Medições	251	125	376
	Nº Res. Fora Especificação	1	4	5
	FTR Micro Anaeróbios (%)	99,6	96,8	98,7
Anaeróbios estritos (<i>Pectinatus</i> spp. e/ou <i>Megasphaera</i> spp.) (NBB-C)	Nº Medições	251	125	376
	Nº Res. Fora Especificação	2	0	2
	FTR Micro NBBC (%)	99,2	100,0	99,5
FTR Micro LBC (%)		96,7	95,4	96,3

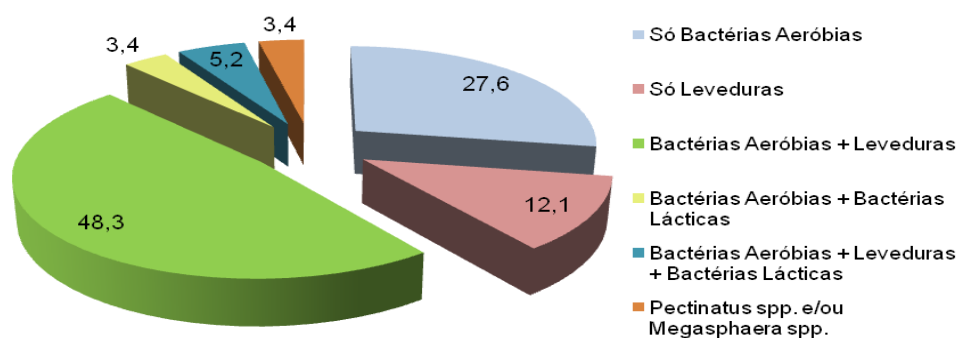


Figura 6.1 – Tipo de contaminação nas amostras de cerveja em barril fora de especificação microbiológica desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011 (n=58 amostras).

Atendendo a que o FTR Micro LBC inclui os resultados microbiológicos gerais de todas as enchedoras, pretendeu-se perceber o desempenho individual de cada uma das quatro máquinas. Para tal, os resultados FTR Micro LBC das 376 amostras analisadas foram desdobrados em FTR Micro para cada enchedora, de acordo com os dados na Figura 6.2. Pode-se verificar que a

máquina 1 é aquela que, comparativamente com as outras enchedoras, apresenta um FTR Micro mais elevado (98,2 %), apresentando os melhores resultados em termos de aeróbios (FTR Micro Aeróbios de 91,2 %), além de ser a única que até à altura não registou amostras contaminadas com bactérias lácticas e anaeróbios estritos. As máquinas 2 e 3, com FTR Micro de 94,4 % e 95,7 %, respectivamente, foram as únicas máquinas onde até então se registou amostras de cerveja com bactérias anaeróbias estritas, nomeadamente *Megasphaera* spp., ainda que apenas uma amostra em cada máquina, apresentando ainda o mais baixo valor em FTR Micro Aeróbios, em torno dos 80-82 %. Tais observações indiciam que a máquina 2 é aquela que tem tido recorrentemente pior desempenho microbiológico, seguido da máquina 3. Por outro lado, a máquina 1 é aquela que apresenta menor número de amostras de cerveja produzidas com defeitos microbiológicos, logo seguida da máquina 4.

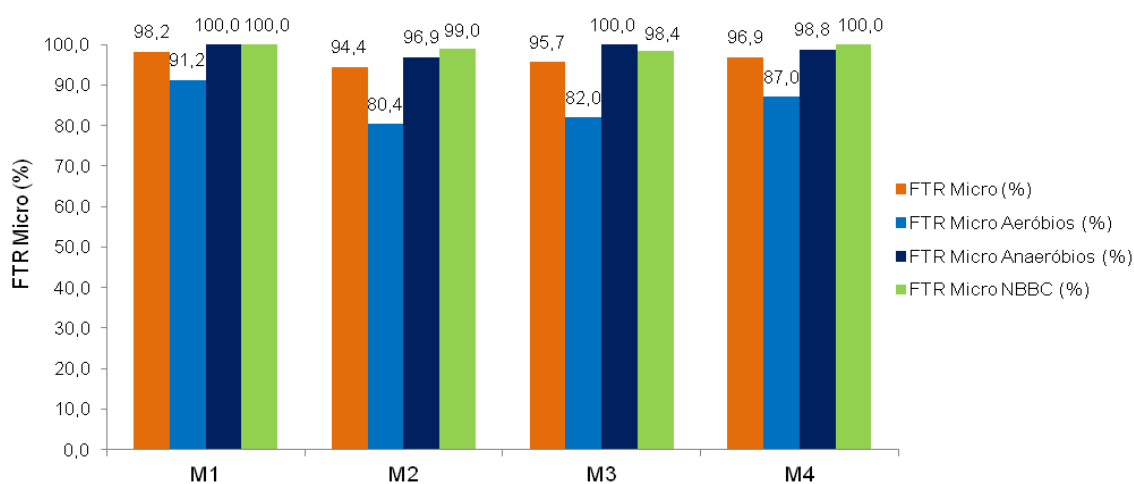


Figura 6.2 – Desempenho microbiológico por máquina de enchimento desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011. M1 n=57; M2 n=97; M3 n=61; M4 n=161.

Foi também feito o desdobramento por linha/bico de cada enchedora. Chegou-se à conclusão que, tal como havia tendência para a amostragem recorrente de barris da máquina 4, também a alternância entre bicos não estava a ser cumprida, havendo sempre, para qualquer uma das máquinas, bicos mais amostrados que outros e alguns inclusive que não eram amostrados. Os resultados não são mostrados precisamente por haver uma grande discrepância nas dimensões de amostras entre bicos, o que não permitiu tirar conclusões relativas a este aspecto. Efectivamente, constatou-se a inexistência de um correcto plano de amostragem de barris pelos operadores em que fosse cumprida a alternância de máquinas e linhas/bicos de enchimento. A amostragem diária dos barris era baseada numa folha de rascunho elaborada pelo próprio líder da equipa LBC, Figura 6.3, verificando-se que a amostragem de barris da máquina 4 para análises microbiológicas estava a ser contemplada duas vezes por semana, o que, para além de ser a única máquina que

enche barris de 20 L “David”, explicava a “amostragem tendenciosa”. Embora esta situação não esteja relacionada com a melhoria dos indicadores microbiológicos, mereceu especial atenção por parte da equipa, levando à elaboração de uma L.U.P. para a correcta amostragem de barris de cerveja para análises laboratoriais, descrita mais em pormenor no Passo 4 deste Capítulo.

Físico-Química	Est.abilidade Biológica	Microbiologia	Análise organoléptica	
1-A	2-A	2-A	1-A	2.º FEIRA
2-B	4-B	4-B	3-B	3.º FEIRA
4-C	3-B	3-B	1-C	4.º FEIRA
3-A	1-C	4-D	2-B	5.º FEIRA
1-D	2-D	4-D	3-A	6.º FEIRA

Figura 6.3 – “Plano de amostragem” de barris de cerveja cheios para análises laboratoriais.

Para além da análise do histórico de resultados por enchedora, tentou-se perceber se havia alguma correlação entre a contaminação microbiológica e o tipo (ou volume) de barris de cerveja enchidos. Desta forma, foi feito o desdobramento dos resultados FTR Micro LBC por tipo de barril de cerveja (20 L “David”, 30 L e 50 L), cujos resultados encontram-se na Figura 6.4. Barris de 20 L Bohemia não foram considerados devido à reduzida dimensão da amostra. Pela observação dos resultados pode-se verificar que a ocorrência de defeitos microbiológicos, sobretudo em termos de aeróbios, parece ser tanto maior quanto maior for o volume do barril, com barris de 50 L a apresentar pior desempenho microbiológico que barris de 30 L e 20 L (FTR Micro Aerobios de 83,9 %, 85,8 % e 92,5%, respectivamente). Tal poderá indiciar que barris de maior volume são mais susceptíveis de apresentar contaminações microbiológicas, o que poderá estar relacionado com o seu processo de higienização.

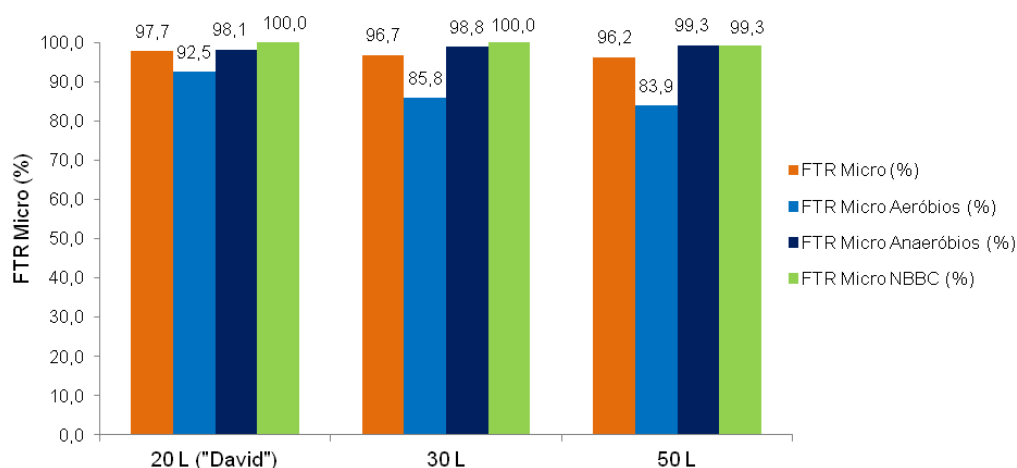


Figura 6.4 – Resultados microbiológicos por tipo de barril desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011. 20 L n=53; 30 L n=162; 50 L n=137.

Para se perceber a relação entre o desempenho microbiológico das enchedoras e o tipo de barril que enchem, foi feita a associação dos resultados FTR Micro entre máquina e o volume de barril. Apenas foram considerados barris de 30 L e 50 L, uma vez que são aqueles que enchem em todas as máquinas. As frequências observadas encontram-se na Tabela 6.2 e os resultados em percentagem na Figura 6.5. Verifica-se que a máquina 1, identificada com melhor desempenho microbiológico, é aquela que, comparativamente às restantes máquinas, apresenta melhor desempenho microbiológico tanto para barris de 30 L, com valor superior a 90 % (FTR Aeróbios 94,1% para máquina 1; 81,4 % para máquina 2; 88,5 % para máquina 3 e 83,3 % para máquina 4), como para barris de maior volume (50 L), considerados à partida como os mais críticos em termos microbiológicos (FTR Micro Aeróbios 87,0 % máquina 1; 81,6 % máquina 2; 82,1 % máquina 3 e 85,4 % máquina 4).

Tabela 6.2 - Resultados microbiológicos por máquina de enchimento e tipo de barril de cerveja relativos a 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011 (M1 a M4 – Máquina 1 a Máquina 4, respectivamente).

Microrganismo/ Amostra		M1		M2		M3		M4	
		30L	50L	30L	50L	30L	50L	30L	50L
Aeróbios (WLN)	Nº Medições	34	23	43	38	26	28	60	48
	Nº Res. Fora Especificação	2	3	8	7	3	5	10	7
Bactérias ácido lácticas (Raka-Ray)	Nº Medições	34	23	43	38	26	28	60	48
	Nº Res. Fora Especificação	0	0	1	1	0	0	1	1
Anaeróbios estritos (Pectinatus spp. e/ou Megasphaera spp.) (NBB-C)	Nº Medições	34	23	43	38	26	28	60	48
	Nº Res. Fora Especificação	0	0	0	1	0	0	0	0

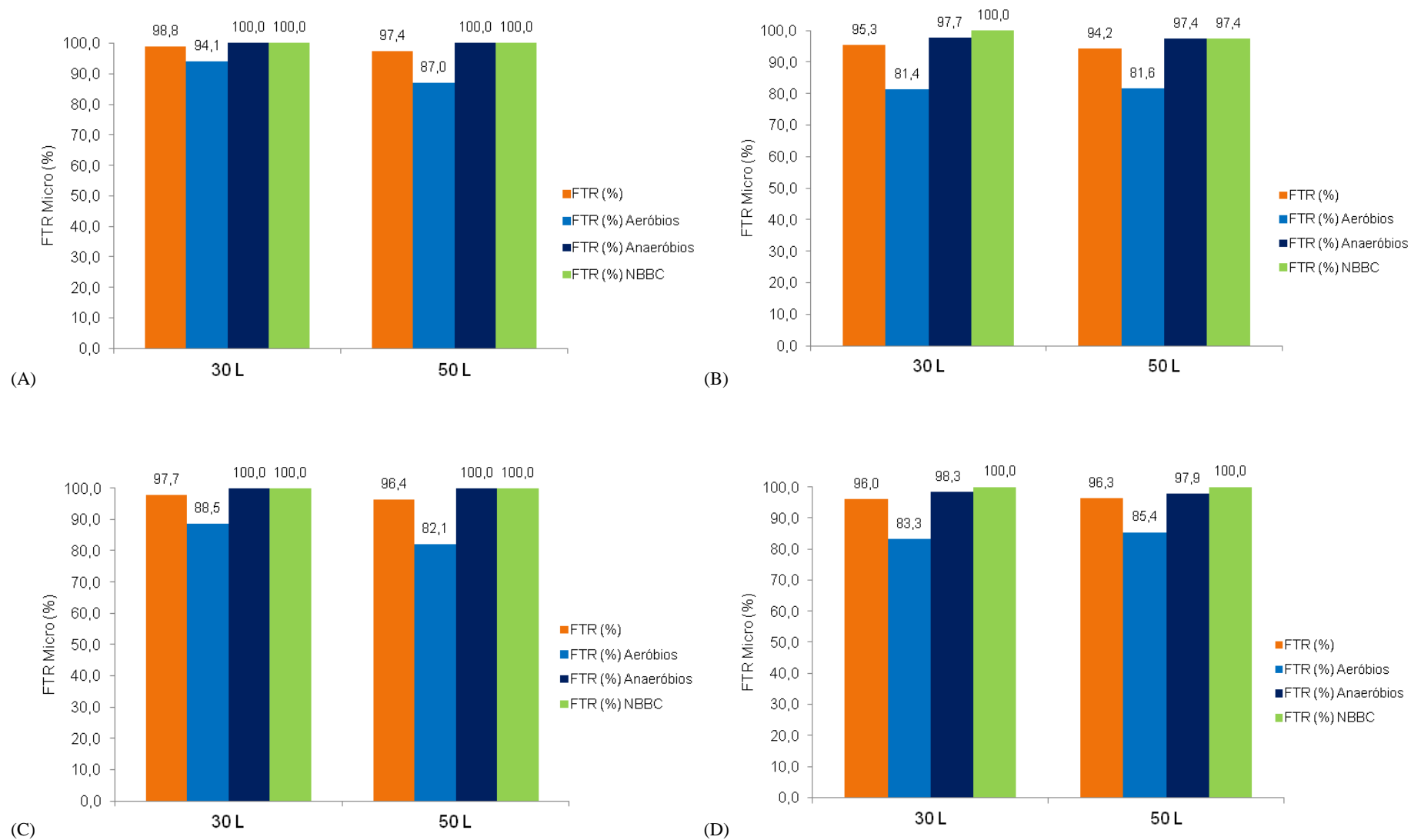


Figura 6.5 – Desempenho microbiológico (% FTR Micro) das enchedoras por tipo de barril de cerveja cheio. A a D – resultados da Máquina 1 a Máquina 4, respectivamente.

De forma a perceber-se o desempenho microbiológico do processo de lavagem e esterilização de vasilhame em cada uma das enchedoras foi analisado o histórico de resultados de amostras de barris vazios lavados/esterilizados. Para tal, cada máquina de enchimento foi analisada em termos de resultados de barris lavados microbiologicamente satisfatórios (0 ufc's/ barril), aceitáveis (1-50 ufs's/ barril) e não satisfatórios (> 50 ufs's/ barril) para microrganismos aeróbios (bactérias aeróbias e leveduras) (MTI, SCC). Apenas foram considerados barris lavados de 30 L e de 50 L uma vez que são aqueles que enchem em todas as máquinas, num total de 134 amostras analisadas de barris lavados/esterilizados desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011. A Figura 6.6 apresenta os resultados microbiológicos observados em percentagem. Observou-se que a máquina 1 foi aquela que apresentou melhores resultados satisfatórios (76,5 %) e melhor somatório de resultados satisfatórios e aceitáveis (97,1 %), seguindo-se a máquina 4 com melhor registo de resultados satisfatórios (67,6 %) e igual registo de resultados satisfatórios e aceitáveis, relativamente à máquina 1 (97,1 %). A máquina 2 e por fim a máquina 3 foram aquelas com mais baixo valor do somatório de resultados satisfatórios e aceitáveis (93,9% e 90,9 %, respectivamente), sendo a máquina 2 aquela que produziu mais baixa percentagem de barris satisfatórios (54,5 %) e a máquina 3 aquela com maior percentagem de barris com resultados não satisfatórios (9,1 %). Tais resultados corroboram a ideia de que a máquina 1 e máquina 4 são aquelas com melhor desempenho microbiológico e que parecem conduzir ao enchimento de barris melhor higienizados e esterilizados comparativamente com as restantes máquinas.

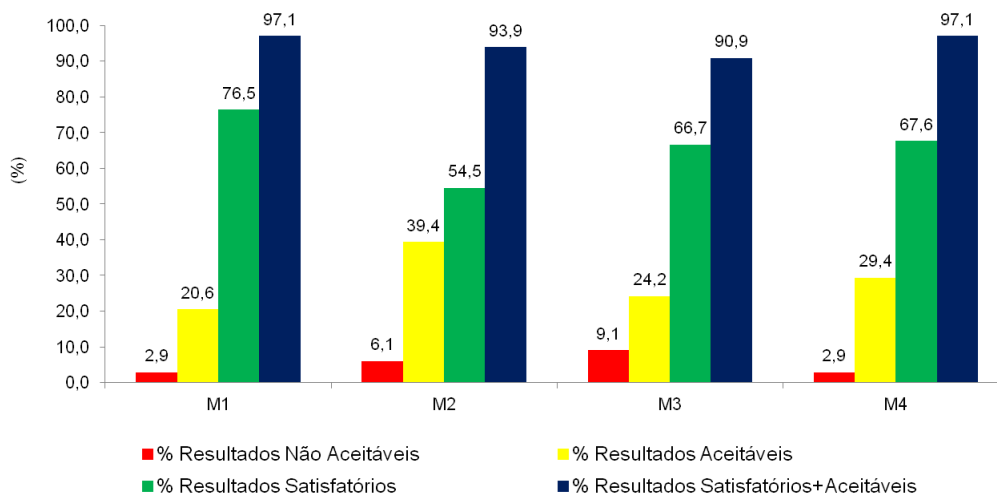


Figura 6.6 – Desempenho microbiológico do processo de lavagem/esterilização de barris vazios de 30 L e 50 L nas enchedoras (M1 a M4, Máquina 1 a Máquina 4, respectivamente), desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011. Resultados satisfatórios: 0 ufc's/ barril; Resultados aceitáveis: 1-50 ufc's/ barril; Resultados Não satisfatórios: > 50 ufc's/ barril para bactérias aeróbias e leveduras. M1 n=34; M2 n=33; M3 n=33; M4 n=34.

Do mesmo modo que para as amostras de cerveja em barril cheio, também foi feita a associação de resultados microbiológicos de barril lavados/esterilizados por máquina e tipo de barril. Apenas foram analisados barris de 30 L e 50 L uma vez que são aqueles que enchem em todas as máquinas. As frequências observadas encontram-se na Tabela 6.3 e os resultados em percentagem na Figura 6.7.

Tabela 6.3 - Resultados microbiológicos do processo de limpeza/esterilização de barris por máquina de enchimento e tipo de barril de cerveja desde 1 de Janeiro de 2010 a 14 de Julho de 2011 (M1 a M4 – Máquina 1 a Máquina 4, respectivamente).

Microrganismo/ Amostra	M1		M2		M3		M4	
	30L	50L	30L	50L	30L	50L	30L	50L
Nº Medições	14	20	15	18	15	18	15	19
Nº Res. Não Satisfatórios	0	1	0	2	0	3	0	1
Nº Res. Aceitáveis	4	3	5	8	3	6	4	6
Nº Res. Satisfatórios	10	16	10	8	12	9	11	12

Constata-se que a máquina 1 é aquela que apresenta melhor desempenho de higienização/esterilização para barris de maior volume (50 L), com 80,0 % de resultados satisfatórios. Tal valida a observação do melhor desempenho microbiológico da máquina 1 para barris de maior volume e a influência de barris melhor lavados/esterilizados sobre este desempenho. A máquina 4 é aquela com segundo melhor desempenho para barris de 50 L, seguida da máquina 3 e, por fim, a máquina 2 (com 63,2 %, 50,0 % e 44,4 % de resultados satisfatórios, respectivamente). As máquinas 2 e 3 registaram maior número de barris de 50 L com resultados não satisfatórios, com 11,1 % e 16,7 %, respectivamente. Contudo, é necessário atender à reduzida dimensão da amostra por enchedora ($n < 30$), que não permite garantir a consistência das conclusões retiradas. Por outro lado, além da influência do volume do barril no desempenho microbiológico do seu processo de higienização, também a “carga” de sujidades prévia do barril vazio tem peso nos resultados.

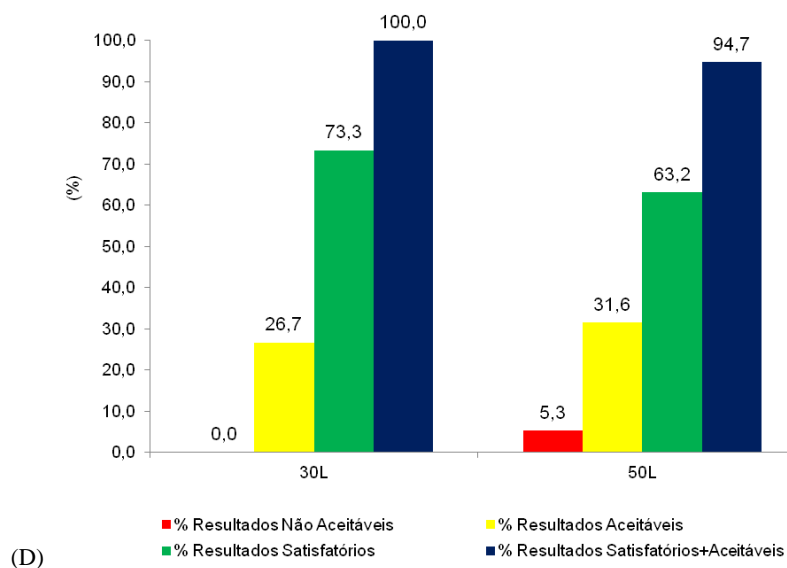
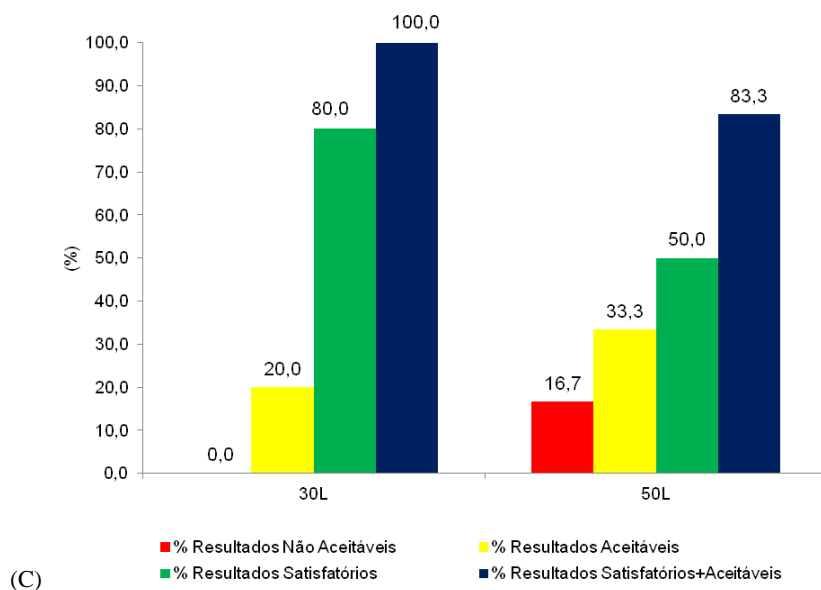
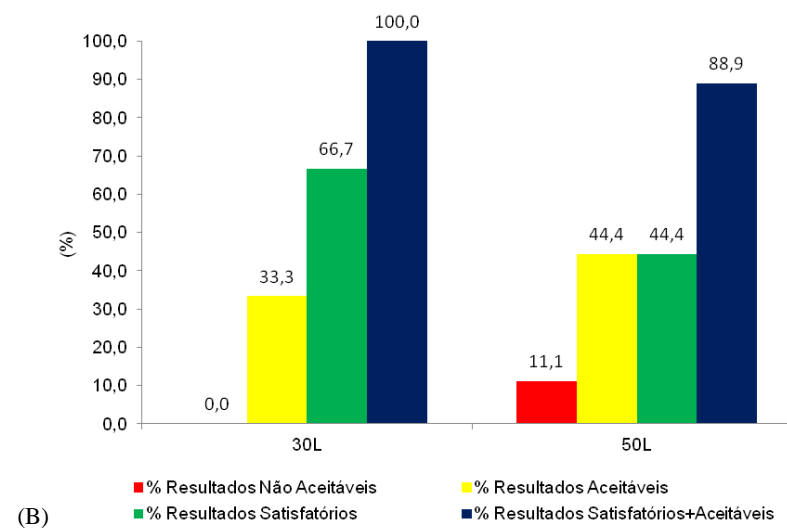
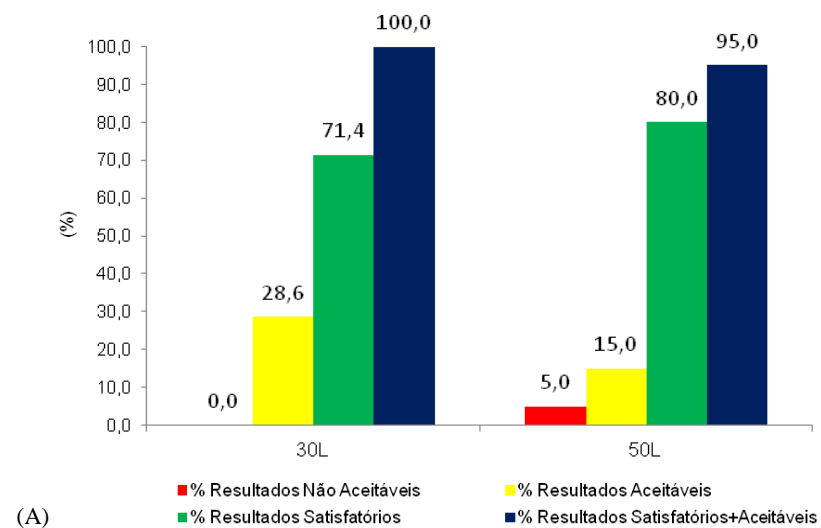


Figura 6.7 – Correlação do desempenho microbiológico do processo de lavagem/esterilização de barris nas enchedoras por tipo de barril. A a D – resultados da Máquina 1 a Máquina 4, respectivamente.

De forma a tentar-se perceber o desempenho microbiológico do processo de pasteurização e nível asséptico do circuito da cerveja até ao TT, foi ainda analisado o histórico de resultados das amostras de cerveja à saída dos *Flash* e nos TT, desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011. Os resultados foram classificados como dentro ou fora de especificação microbiológica, isto é, amostras com presença de microrganismos contaminantes (aeróbios e/ou bactérias ácido lácticas > 0 ufc/mL) foram tidas como amostras fora dos parâmetros de especificação (MTI, SCC). Os resultados observados encontram-se na Figura 6.8. Em primeiro lugar é de notar cerveja contaminada à saída de qualquer um dos *Flash* que, embora não recorrente, pode indiciar alguma situação pontual de problemas no pasteurizador, níveis de contaminação muito elevados em cerveja em T.C.F. não eliminável na pasteurização, ou outra situação de falta de assepsia relacionada com o circuito pós pasteurização. Tal situação é preocupante uma vez que indica que ocasionalmente está a ir para enchimento cerveja com microrganismos contaminantes logo após a sua pasteurização. Notam-se níveis de contaminação muito semelhantes para cerveja à saída de cada *Flash* 1+4 e 2+3 e em cada TT 1+4 e 2+3, com valores de contaminantes totais à volta dos 80 %. O tipo de contaminação predominante é com microrganismos aeróbios, incluindo bactérias e/ou leveduras. Apenas na cerveja à saída de qualquer um dos pasteurizadores foi detectada presença de bactérias ácido lácticas, verificando-se também um pior desempenho microbiológico da cerveja à saída do *Flash* para microrganismos aeróbios, comparativamente à cerveja em TT. É de notar que apenas é feita uma amostragem de cerveja à saída de cada *Flash* e no TT (1x/Turno), o que significa que embora na saída *Flash* tenha sido detectado anaeróbios, por exemplo, estes podem não ter sido detectados na amostragem do mesmo dia no respectivo TT. Tal situação poderá dever-se às grandes dimensões dos tanques que criam de certa forma um ambiente dissolvente da contaminação, fazendo com que a “zona de cerveja contaminada” no TT não seja amostrada porque a membrana foi retirada cedo, antes do tanque ser completamente esvaziado. Possivelmente, por esta razão, a cerveja em TT apresenta melhores resultados microbiológicos do que a cerveja à saída do respectivo *Flash*, e não resultados semelhantes.

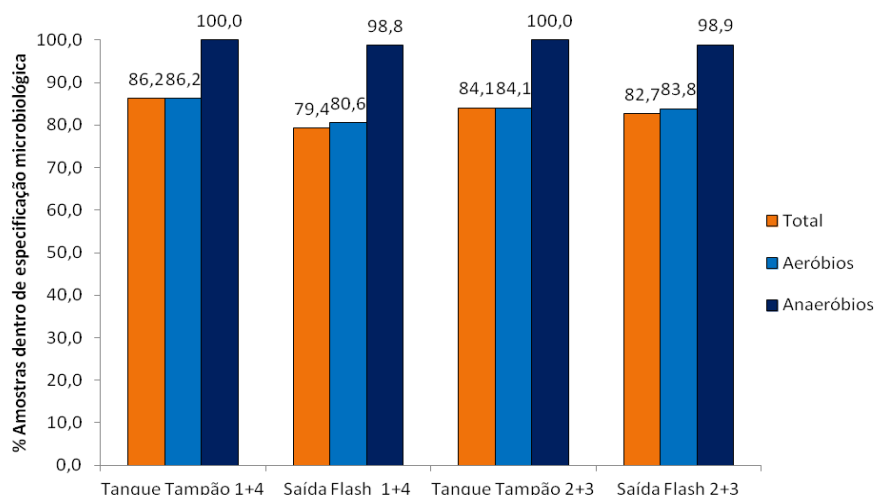


Figura 6.8 – Percentagem de amostras de cerveja dentro de especificação microbiológica à saída do *Flash* e em TT desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011. TT 1+4 n=399; SF 1+4 n=402; TT 2+3 n=364; SF 2+3 n=365.

Procurou-se perceber se as contaminações observadas à saída do *Flash* seriam fundamentalmente resultantes de contaminações primárias ou secundárias, de forma a dar alguma indicação se o problema estaria relacionado com a pasteurização. Uma vez que os analistas fazem uma amostragem dos T.C.F.'s aleatória não contemplando sempre o T.C.F. com cerveja que vai para encher barris, do total de 376 amostras de cerveja analisadas procurou-se aquelas em que a correspondência com a saída do *Flash* e o T.C.F. pudesse ser feita, além de se terem realizado análises extra-rotina a cerveja em T.C.F. que encheu para barril e/ou antes dos *Flash* em pontos de amostragem específicos na área de barris de cerveja. Assim, no total foram analisadas 38 amostras de cerveja em T.C.F. que encheu em barris ou em pontos de amostragem antes do *Flash*. As amostras apresentaram níveis de contaminação distintos em T.C.F., tendo sido agrupadas em gamas de contaminação, cujos resultados encontram-se na Tabela 6.4. Observou-se que em 8 amostras que apresentaram um nível de contaminação considerado mais elevado (> 41 ufc/ 100 mL de cerveja de bactérias aeróbias, leveduras e/ou bactérias ácido lácticas) antes da pasteurização, nenhuma apresentou contaminação à saída do *Flash*, parecendo indicar que níveis muito elevados de contaminação em cerveja pré-pasteurizada não têm influência na eficiência do processo de pasteurização. Além disso, observou-se que algumas amostras com baixo nível de contaminação antes do *Flash* (entre 0 a 10 ufc/ 100 mL de cerveja) apresentaram contaminação à saída da pasteurização, além de se ter observado tipos de microrganismos que não haviam sido identificados na etapa prévia à pasteurização. Por exemplo, algumas amostras à saída do *Flash* apresentaram-se contaminadas com leveduras, que não foram detectadas na análise microbiológica em T.C.F. e/ou em pontos de amostragem antes do *Flash*. Tal situação parece indicar que as contaminações (ou pelo menos a maioria delas) são secundárias à pasteurização.

Tabela 6.4 – Resultados microbiológicos em T.C.F. e/ou antes do *Flash* e à saída do *Flash*

N.º total de microrganismos (ufc/100 mL cerveja) em T.C.F. e/ou antes do <i>Flash</i>	N.º amostras analisadas	N.º amostras contaminadas à saída do <i>Flash</i>
0 a 10	16	3
11 a 20	6	1
21 a 30	4	0
31 a 40	4	2
> 41	8	0

Analisando o total das amostras de cerveja em barril cheio que apresentaram resultados fora de especificação microbiológica (58 amostras), procurou-se avaliar como estavam os resultados microbiológicos da cerveja à saída do *Flash* e no TT. Os resultados encontram-se descritos na Figura 6.9. Através da análise dos resultados é possível verificar que do total de amostras de cerveja em barril cheio que apresentaram resultados fora de especificação providas da máquina 1 em 60 % delas a cerveja já apresentava contaminação à saída do pasteurizador ou em TT. Tendo inclusive sido a máquina 1 aquela com maior percentagem de amostras fora de especificação com cerveja contaminada à saída *Flash* e/ou no TT. Por outro lado, do total de amostras fora de especificação da máquina 2, apenas 26,3 % delas apresentaram cerveja contaminada quer à saída do *Flash* ou no tanque, sendo esta a máquina com a mais baixa percentagem observada. Estes resultados parecem indicar que as contaminações verificadas em barris da máquina 1 são sobretudo devidas a problemas microbiológicos aquando a pasteurização e/ou do seu armazenamento em TT. Tal parece corroborar a ideia de que a máquina 1 é de facto aquela com melhor desempenho microbiológico e de lavagem/esterilização de barris para enchimento, sendo que, de acordo com estas observações, mais de 50 % dos problemas microbiológicos da cerveja em barril cheio da máquina 1 parecem provir de defeitos prévios ao enchimento da cerveja na máquina. A máquina 2, pelo contrário, é aquela em que mais de 70 % dos problemas microbiológicos da cerveja em barril parecem provir de defeitos derivados após a pasteurização e armazenamento em TT, ou seja, aquando do enchimento da cerveja na própria máquina. Tal valida a ideia de que a máquina 2 é aquela com pior desempenho microbiológico, que poderá estar relacionado com defeitos provenientes de barris mal higienizados ou relacionados com o próprio enchimento na máquina. No entanto, há que ter em conta que a dimensão da amostra de cerveja em barril fora dos parâmetros de especificação é pequena ($n < 30$), não permitindo uma grande consistência dos resultados. Além disso, pode ter acontecido situações em que cerveja à saída do *Flash* e/ou em TT tenha sido amostrada posteriormente à amostragem em barril cheio. Isto é, cerveja fora de especificação pode ter apresentado contaminação à saída do *Flash* ou no TT e o sistema de membrana só ter sido colocado após a amostragem de cerveja em barril. Neste

sentido, apesar dos resultados observados permitirem tirar conclusões que vão ao encontro das análises anteriores, a sua interpretação deve ser feita com cautela.

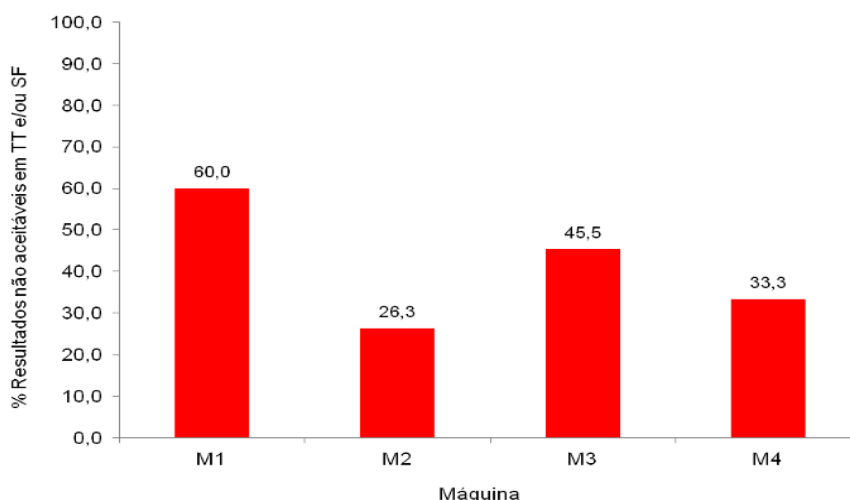


Figura 6.9 – Percentagem de amostras de cerveja em barril cheio fora de especificação com resultados não aceitáveis à saída do *Flash* (SF) e/ou no TT, desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011. M1 n= 5: M2 n=19: M3 n=11: M4 n=18.

Por fim, após a análise do histórico de resultados, procurou-se averiguar qual seria então o potencial impacte, ou peso, que os resultados fora de especificação microbiológica, nomeadamente para aeróbios, de barris lavados e de cerveja à saída do *Flash* e no TT teriam sobre o FTR Micro Aeróbios LBC caso não existissem. Os resultados de defeitos microbiológicos observados desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011 foram compilados na Tabela 6.5. Considerando-se o total de defeitos observados em barris lavados e cerveja à saída do *Flash* e em TT, calculou-se a respectiva contribuição de cada defeito sobre a percentagem de defeitos em aeróbios em amostras de cerveja em barril cheio e, consequentemente, sobre o aumento do FTR Micro Aeróbios LBC acumulado (Tabela 6.6).

Tabela 6.5 – Compilação dos defeitos em aeróbios em barris lavados, cerveja à saída do *Flash*, em Tanque Tampão e em barril cheio, por máquina, desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011.

Máquina	Defeitos microbiológicos aeróbios, %				
	Barris lavados	Cerveja SF	Cerveja TT	Barris lavados + cerveja SF+ TT	Cerveja barril cheio
M1	2,9	19,4	13,8	36,1	8,8
M2	5,6	16,2	15,9	37,7	19,6
M3	8,3	16,2	15,9	40,4	18,0
M4	3,9	19,4	13,8	37,1	13,0

Tabela 6.6 – Contribuição individual dos defeitos em aeróbios em barris lavados, cerveja à saída do *Flash* e em TT sobre os defeitos totais observados em cerveja em barril desde 1 de Janeiro de 2010 até 14 de Julho de 2011.

Máquina	% Defeitos cerveja barril cheio	Contribuição relativa sobre a % de defeitos de cerveja em barril cheio			Outros defeitos ¹
		Barris lavados, %	Cerveja SF, %	Cerveja TT, %	
M1	8,8	0,7 (8,0)	4,7 (53,4)	3,4 (38,6)	0,2
M2	19,6	2,9 (14,8)	8,4 (42,9)	8,3 (42,3)	0,5
M3	18,0	3,7 (20,6)	7,2 (40,0)	7,1 (39,4)	0,4
M4	13,0	1,4 (10,8)	6,8 (52,3)	4,8 (36,9)	0,4

¹ Rácio entre a % de defeitos em barril cheio e a soma dos defeitos em barris lavados, SF e TT.

Através da análise da Tabela 6.6, é possível verificar que para as máquinas 1 e 4, do total de defeitos microbiológicos verificados em amostras de cerveja em barril cheio (8,8 % e 13,0 %, respectivamente), mais de 50 % desses defeitos derivam de defeitos em cerveja à saída do *Flash* 1+4 tendo pouca relevância os defeitos em barris lavados (8,0 % e 10,8 % para as máquinas 1 e 4, respectivamente). Significa, que se não existissem defeitos de cerveja à saída do *Flash* 1+4, ao invés de um FTR Micro Aeróbios acumulado de 91,2 % para a máquina 1, ter-se-ia um FTR Micro Aeróbios acumulado teórico de 95,9 % (mais 4,7 %) e para a máquina 4, em vez de 87,0 %, ter-se-ia um FTR Micro Aeróbios acumulado de 93,8 % (mais 6,8 %). Relativamente às máquinas 2 e 3, do total de defeitos microbiológicos verificados (19,6 % e 18,0 %, respectivamente), existe uma contribuição semelhante dos defeitos à saída do *Flash* 2+3 e no TT 2+3, em torno dos 40 % cada, com uma consequente maior contribuição dos defeitos em barris lavados relativamente às máquinas 1 e 4 (14,8 % e 20,6 % para a máquina 2 e 3, respectivamente). A máquina 3 é aquela com maior percentagem de defeitos provenientes de barris lavados, permitindo um aumento em 3,7 % do FTR Micro Aeróbios acumulado. Considerando outros potenciais defeitos provenientes da própria enchedora fez-se a razão entre a % de defeitos em barril cheio e a soma dos defeitos em barris lavados, SF e TT, constatando-se que a máquina 1 é aquela que apresenta de facto melhor desempenho do próprio processo de enchimento, sendo os principais problemas decorrentes de contaminações prévias ao enchimento.

Após a análise preliminar de dados históricos surgiram as seguintes conclusões e pontos a debater pela equipa:

- i. Os principais microrganismos contaminantes da cerveja em barril são aeróbios, sobretudo associações microbiológicas de bactérias aeróbias e leveduras, necessitando intervir ao nível do FTR Micro Aeróbios LBC para melhoria do FTR Micro dos barris.

- ii. A contaminação da cerveja em barril parece ser sobretudo do tipo secundária, relacionada com problemas de assepsia/higienização após a pasteurização. O que aliás já seria de esperar por tratarem-se de linhas *Flash*.
- iii. Uma série de dados indiciam que a máquina de enchimento 1 é aquela com melhor desempenho microbiológico, inclusive para barris de maior volume (50 L), considerados os mais críticos, resultante de um melhor processo de higienização/esterilização de vasilhame para o enchimento de cerveja e melhor desempenho da máquina no próprio enchimento de cerveja, seguido da máquina 4. Significa que para a melhoria do FTR Micro Aeróbios LBC teria maior influência aumentar o FTR Micro Aeróbios das máquinas 2 e 3.
- iv. As máquinas 2 e 3 são aquelas com pior desempenho microbiológico e maior influência do processo de lavagem/esterilização no aumento do seu FTR Micro Aeróbios e, consequentemente, no FTR Micro LBC.
- v. Para o aumento do FTR Micro Aeróbios das máquinas 1 e 4 os defeitos microbiológicos de cerveja à saída do *Flash* têm um impacto de mais de 50 %, relativamente a defeitos provenientes de má higienização do vasilhame. Sendo neste caso necessário perceber os problemas relacionados com a pasteurização, circuito da cerveja e armazenamento em TT.
- vi. Não existe definido um plano de amostragem de barris para análises microbiológicas, não estando a ser cumpridos os requisitos da *Heineken* relativos à alternância de amostragem por linhas e bicos de enchimento de cerveja.

6.1.3 Construção da Matriz QA preliminar

Para se tentar perceber a origem dos defeitos microbiológicos observados foi fundamental a análise de histórico de resultados, idas ao terreno para analisar todo o processo, contacto com pessoal especializado e sessões de *brainstorming* entre os membros da equipa. Considerando o processo de enchimento de barris de cerveja, foi construído um novo fluxograma com chaves de decisão em pontos críticos do processo, resultantes das ideias de fontes de origem dos defeitos microbiológicos levantadas (Figura 6.10).

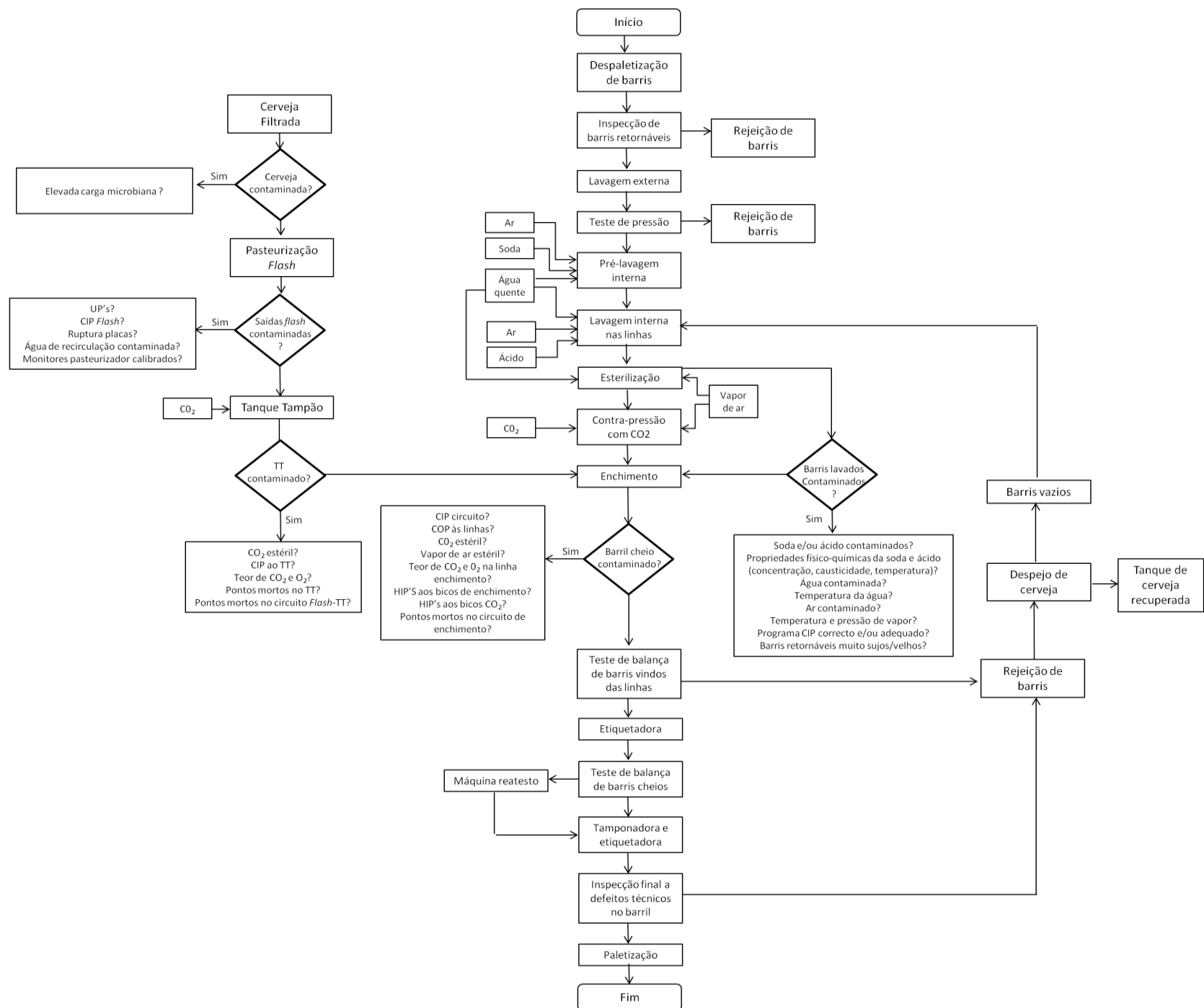


Figura 6.10 – Fluxograma do processo de enchimento de barris de cerveja com correlação das potenciais causas de defeitos microbiológicos.

A partir do levantamento das potenciais causas de defeito microbiológico e correlacionando-as com as principais etapas/fases do processo de enchimento de barris de cerveja foi elaborada uma Matriz QA preliminar, de forma a identificar prioridades e a definir as principais acções a tomar. A cada potencial causa de defeito numa fase do processo foi atribuída uma das cinco categorias 5M e elaborada uma pequena tese sobre o seu potencial impacte na contaminação microbiológica da cerveja (Tabela 9.1 do Anexo II). Posteriormente, a partir de um sistema de ponderação, atribuiu-se um peso a cada potencial causa do problema. Para a ponderação teve-se em conta conhecimentos práticos e empíricos, considerando-se se a ocorrência de cada causa poderá de facto se ter verificado ocasionalmente ou estar-se a verificar recorrentemente. Após a atribuição dos pesos foi feito o cálculo e balanceamento das correlações estabelecidas através da Matriz QA, representada na Figura 9.2 do Anexo III. Considerando-se uma ocorrência de 195 defeitos microbiológicos na produção total de barris de cerveja (em partes por milhão), o peso de cada M foi normalizado em partes por mil (‰), de forma a facilitar a manipulação dos números da matriz. A partir da Matriz QA foi depois construído um Diagrama de Pareto correlacionando os modos de defeitos microbiológicos com as principais etapas do processo de enchimento de cerveja em barril, de forma a avaliarem-se quais as fases com maior impacte na origem desses defeitos (Figura 6.11).

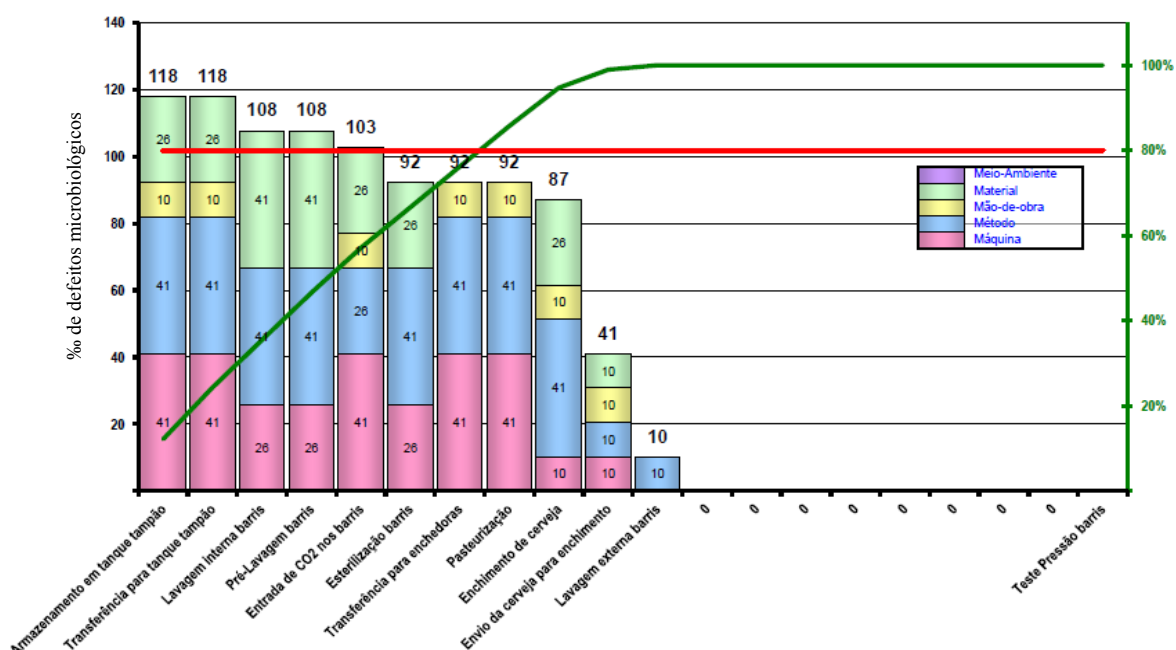


Figura 6.11 – Diagrama de Pareto correlacionando os modos de defeitos microbiológicos com as principais fases do processo de enchimento de cerveja em barril, derivado da Matriz QA preliminar.

De acordo com a análise dos resultados, e considerando como limite para actuação as causas com impacto de mais de 80 % sobre o problema, as fases de armazenamento da cerveja em TT,

transferência para TT, lavagem interna e de pré-lavagem de barris foram aquelas identificadas com maior impacto sobre os defeitos microbiológicos totais produzidos, logo com prioridade de actuação. Conforme os resultados, a transferência da cerveja para TT e o seu armazenamento no respectivo tanque contribuem ambas em 118 % sobre os defeitos totais produzidos, enquanto que as etapas de pré-lavagem e lavagem interna de barris com 108 %, cada. As principais causas potenciais de defeito identificadas nas fases de transferência e armazenamento em TT foram sobretudo relacionadas com defeitos microbiológicos provenientes do método e máquina (41%, cada). Questiona-se se o método praticado para C.I.P. dos circuitos e equipamentos será eficaz na eliminação de resíduos que propiciem contaminação microbiológica e a possível existência de fugas e/ou pontos mortos nas tubagens que dificultem o processo de C.I.P. Para as fases de pré-lavagem e lavagem interna de barris as potenciais causas de defeito identificadas com maior peso sobre os defeitos microbiológicos foram sobretudo relacionadas também com o método e material (41 %, cada). Neste âmbito, questiona-se, relativamente ao método, a alteração não deliberada dos *setpoints* das temperaturas da soda, água de lavagem e/ou ácido e das concentrações dos detergentes alcalino e ácido, além da adequabilidade do programa de lavagem para barris de maior volume (50 L). No que concerne ao material, questiona-se a integridade microbiológica da soda, do ácido e da água de lavagem, que podem afectar a eficiência da higienização interna dos barris. A Figura 6.12 resume as informações resultantes da Matriz QA para cada um dos 5M. Os modos de defeitos relacionados com o método são aqueles com mais peso sobre o desempenho microbiológico do processo de enchimento de barris de cerveja (39 %), seguido de defeitos relacionados com a máquina (31 %), o material (23 %) e a mão-de-obra (7 %). Modos de defeito relacionados com o meio-ambiente não parecem afectar a qualidade microbiológica de enchimento de barris, até porque, ao contrário do enchimento de garrafas de cerveja, os barris são transportados nas esteiras voltados para baixo, além de possuírem a vareta, que apenas é aberta/fechada para lavagem/esterilização interna e enchimento da cerveja.

A partir dos resultados fornecidos pela Matriz QA preliminar o foco principal da equipa de melhoria centrou-se sobretudo no delineamento de estratégias de acção para redução de modos de defeitos nas quatro fases identificadas como as mais críticas para a qualidade microbiológica do processo, particularmente relacionados com o método, máquina e/ou material, onde o benefício para o indicador seria maior.

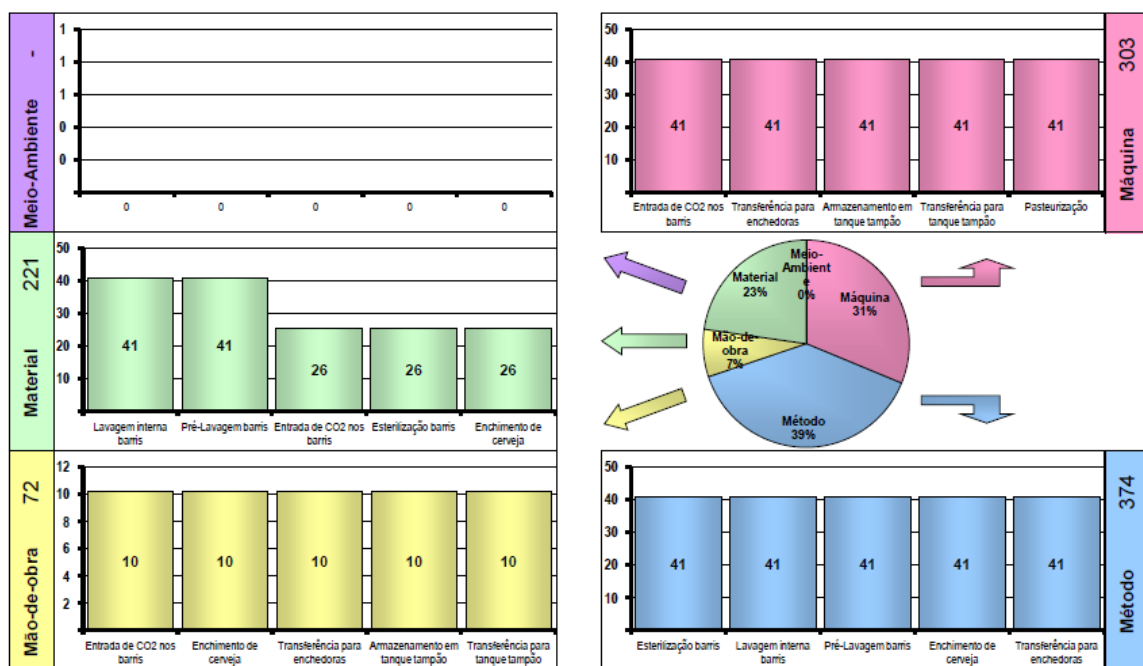


Figura 6.12 – Peso dos 5M em cada fase do processo de enchimento de barris de cerveja derivado da Matriz QA preliminar.

6.1.4 Recolha de amostras e análise de dados

Embora a maioria dos esforços da equipa tenha-se centrado nas fases ditas mais críticas, modos de defeitos considerados potencialmente relevantes para a qualidade microbiológica noutras fases do processo também mereceram atenção, de forma a que pudessem ser despitados. Para verificação e validação das várias hipóteses de modo de defeito levantadas na tese foram feitas várias recolhas de amostras e análises laboratoriais, análise de dados e de registos de actividades. Para análise do registo de dados e de actividades realizadas pelos operadores (ex. registos de U.P.'s, de higienização, de O₂ dissolvido, pressão de vapor, etc.) apenas foi tido em consideração aqueles referentes ao ano de 2011 e com particular atenção aos registos dos dias em que foram observadas amostras de cerveja em barril cheio com resultados fora de especificação microbiológica. Assim, a partir da lista de hipóteses de modos de defeito da tese da Matriz QA e de acordo com o método de verificação descrito, foi elaborada uma *checklist* para mais fácil compreensão das acções de verificação a efectuar no terreno e análises extra-laboratoriais a realizar (Tabela 6.7). A partir dos resultados obtidos das verificações e análises laboratoriais foram definidas acções imediatas específicas para resultados não satisfatórios e em particular para as fases do processo com maior impacto a nível da qualidade microbiológica e do indicador FTR Micro LBC. Todas essas acções vão ser discutidas em pormenor mais à frente. Para algumas observações não aceitáveis mas que apenas verificaram ser pontuais, sem aparente influência na qualidade microbiológica do produto, não foram suscitadas acções por parte da equipa.

Tabela 6.7 – Checklist para validação de hipóteses de modos de defeito da tese da Matriz QA preliminar. Indicação dos respectivos resultados e acções a tomar caso necessário.

Questão	Sim	Não	Comentários à análise	Acções imediatas a efectuar
Envio da cerveja para enchimento				
Contaminação muito elevada de cerveja em T.C.F. que vai para barris não eliminável pelo <i>Flash</i> ?		Não	Não se encontrou relação entre níveis elevados de contaminação antes e à saída do <i>Flash</i> . Conclusões retiradas da análise do histórico de resultados	-
Pasteurizadores				
Alguma falha nas U.P.'s?		Não	Em 107 registos de U.P.'s desde 1 de Janeiro de 2011 até 14 de Julho de 2011 nenhuma falha nas U.P.'s	-
Existência de fugas nos pasteurizadores, ruptura e/ou desalinhamento de placas?	Sim		Foram observadas placas desalinhadas em ambos os <i>Flash</i> , com saída de cerveja para o exterior no <i>Flash</i> 2+3	Etiquetas vermelhas já abertas. Restauro das condições básicas dos <i>Flash</i> – Passo 2
Tubagens e circuitos				
Existência de pontos mortos?		Não	-	-
Existência de rugosidades nas superfícies?	Sim		Evidência de soldaduras mal efectuadas junto ao TT2+3	Verificar se há L.U.P. para correcta soldadura das tubagens
Existência de fugas?		Não	-	-
Água de entrada em recirculação dos <i>Flash</i> contaminada microbiologicamente?		Não	Cerveja à saída do <i>Flash</i> quando havia entrada de água em recirculação nunca apresentou contaminação. Em 5 amostras de água recolhida nenhuma apresentou contaminação	-
Tanque Tampão				
Existência de pontos mortos?	Sim		Observação de ponto de amostragem colocado incorrectamente no TT 2+3	Abrir uma etiqueta vermelha. Restauro da condição básica do TT 2+3 – Passo 2
CO ₂ para contra-pressão contaminado microbiologicamente?	-	-	Não existe ponto de amostragem. Filtros independentes do CO ₂ para contra-pressão nas enchedoras	-
Algum desvio aos parâmetros de especificação nos registos de O ₂ dissolvido na cerveja?		Não	Sempre que o líder da equipa LBC observou valores fora dos parâmetros de especificação a cerveja foi reenviada para as adegas	-
Higienizações aos circuitos, tanques e equipamentos (C.I.P. circuitos)				
C.I.P. aos circuitos e equipamentos (<i>Flash</i> , TT, máquina enchimento) está a ser realizada pelos operadores com as frequências definidas?	Sim		Observação de alguns dias em que não foi efectuada C.I.P. por motivo justificado (ex. equipamento em manutenção)	-
C.O.P. às enchedoras está a ser realizada pelos operadores com as frequências definidas?	Sim		-	-

(Continuação da Tabela 6.7)

Questão	Sim	Não	Comentários à análise	Ações imediatas a efectuar
Bioluminescência aos bicos de enchimento com valores ≥ 200 RLU's	Sim		5 análises efectuadas. Apenas ocasionalmente e em alguns bicos > 200 RLU's, com maior incidência em bicos da máquina 1	Proposta de alteração do sistema de vedação dos bicos de enchimento para "rosca".
Bioluminescência aos bicos de CO ₂ com valores ≥ 200 RLU's		Não	3 análises efectuadas. Apenas às máquinas 1 e 4 onde passa C.I.P. nos bicos de CO ₂	-
Águas de enxaguamento após C.I.P. com nível de contaminação muito elevado e fora dos parâmetros de especificação?		Não	Foram efectuadas análises 1x/mês desde Abril a Setembro. Algumas contaminações pontuais com bactérias aeróbios e/ou leveduras sempre dentro dos parâmetros (abaixo dos 3 ufc's/100 mL água)	-
Ácido da C.I.P. dos circuitos/equipamentos contaminado microbiologicamente?	Sim		Ocasional e em baixo nível. Em 12 amostras recolhidas apenas 2 amostras apresentaram contaminação com bactérias aeróbias, nunca > 2 ufc's/100 mL	-
Soda da C.I.P. dos circuitos/equipamentos contaminada microbiologicamente?		Não	Em 12 amostras recolhidas nenhuma apresentou contaminação	
Água quente da C.I.P. dos circuitos/equipamentos contaminada microbiologicamente?	-	-	Não existe ponto de amostragem	
Higienização interna dos barris (C.I.P. interna)				
Ácido da C.I.P. interna dos barris contaminado microbiologicamente?	Sim		Ocasional e em baixo nível. Em 12 amostras recolhidas apenas uma apresentou contaminação com bactérias aeróbias e leveduras (2 e 10 ufc's/100 mL, respectivamente), sem impacte na qualidade microbiológica dos barris lavados	
Soda da C.I.P. interna dos barris contaminado microbiologicamente?	Sim		Recorrente e em elevados níveis. Em 12 amostras recolhidas todas apresentaram contaminação com bactérias aeróbias, leveduras e/ou bactérias lácticas	Análise da CQO ao longo de um turno de enchimento
Água de lavagem interna contaminada microbiologicamente?		Não	Em 12 amostras analisadas nenhuma apresentou contaminação	-
Algun desvio aos parâmetros de especificação nas temperaturas dos detergentes químicos e/ou água de lavagem?		Não	-	-
Algun desvio aos parâmetros de especificação nas concentrações do ácido?	Sim		Observado desvio abaixo do LI de especificação ($< 0,5$ %) nos dias 26/7 e 27/7 mas que não comprometeram a qualidade microbiológica da cerveja em barril cheio, nem dos barris lavados (resultados aceitáveis)	-

(Continuação da Tabela 6.7)

Questão	Sim	Não	Comentários à análise	Ações imediatas a efectuar
Algun desvio aos parâmetros de especificação nas concentrações da soda?		Não	-	-
% soda livre abaixo dos 1,5 ao longo de um turno de enchimento e (condutividade < 80 mS/cm)?	Sim		Observado em particular ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L	Análise da CQO ao longo de um turno de enchimento
Ar microbiologicamente contaminado?		Não	Ocasional e em baixo nível. Em 7 amostras de ar de cada filtro (1+4 e 2+3), 3 amostras do filtro 1+4 apresentaram bactérias aeróbias (1 a 24 ufc's/100 mL). No entanto não foi possível estabelecer correlação com a cerveja em barril cheio	-
Algun desvio aos parâmetros de especificação na pressão de vapor pelo barril teste?		Não	-	-
Algun desvio aos parâmetros de especificação na temperatura de vapor pelo barril teste?		Não	-	-
Programa C.I.P. interna na pré-lavadora de acordo com as recomendações e/ou igual para todas as enchedoras?		Não	Observadas diferenças nos programas C.I.P. interna dos barris entre enchedoras	Harmonizar os programas
Enchimento de cerveja				
CO ₂ para contra-pressão contaminado microbiologicamente?	Sim		Ocasional e em baixo nível. Em 14 amostras, 5 apresentaram bactérias aeróbias (1ufc/100 mL). Não foi possível estabelecer correlação com cerveja em barril cheio contaminada	-
Algun desvio aos parâmetros de especificação nos registos de O ₂ dissolvido na cerveja?		Não	-	-

Relativamente aos resultados das bioluminescências efectuadas aos bicos de enchimento, foram de facto observados pontualmente algumas contaminações microbiológicas não aceitáveis (≥ 200 RLU's), como mostram os resultados na Tabelas 6.8. Embora tenham sido efectuadas poucas análises, observa-se que, comparativamente à máquina 4, as restantes máquinas apresentam ocasionalmente resultados não aceitáveis, indicando uma possível má higienização pontual dos bicos de enchimento. Um dado curioso é que a vedação dos bicos das máquinas 1, 2 e 3 após a realização da higienização difere do tipo de vedação da máquina 4. Enquanto que nas primeiras a vedação é tipo “tubo”, na máquina 4 é tipo “rosca”/“cabeça”, vedando melhor o contacto de toda a superfície do bico com o ar, ao contrário do sistema “em tubo” que deixa o

rebordo do bico exposto, como mostra a Figura 6.13A e B. No entanto, não foi possível correlacionar estes resultados com o potencial impacte na contaminação microbiológica da cerveja em barril cheio após enchimento, não se tornando uma acção prioritária da equipa.

Tabela 6.8 - Leitura RLU aos bicos de enchimento das máquinas enchedoras.

Dia / hora	M1				M2				M3		M4			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	A	B	C	D
26-04-2011 8:30	226	21	20	1513	13	55	15	1901	105	11	22	21	17	14
28-04-2011 9:00	38	142	14	20	12	10	11	778	7	12	14	13	16	21
17-06-2011 8:30	81	3496	156	5287	10	118	13	429	76	153	7	16	12	57
26-07-2011 9:00	36	13	13	91	10	11	7	8	-	-	9	12	11	10
31-08-2011 9:00	41	58	78	35	34	79	102	15	68	120	15	35	21	8

A, B, C e D – Linhas de enchimento das máquinas, M1 a M4. Resultados não aceitáveis: ≥ 200 RLU's.

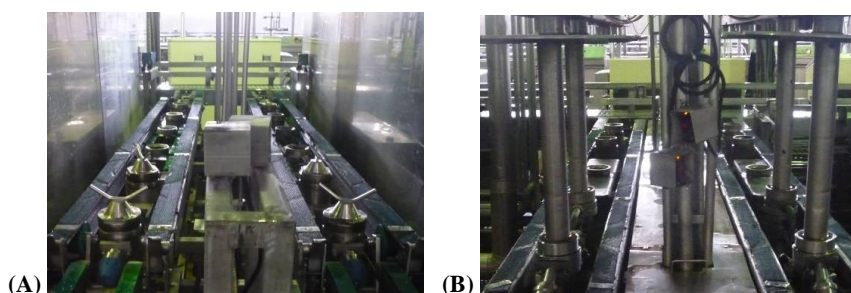


Figura 6.13 – Sistemas de vedação dos bicos de enchimento após a sua higienização. A – Vedação tipo “roscas” na máquina 4, B – Vedação tipo “tubo” nas máquinas 1, 2 e 3.

No que respeita à C.I.P. interna, verificou-se má qualidade microbiológica da soda, o que pode afectar a sua eficiência e actividade detergente e, com isso, comprometer a higienização de barris de cerveja, considerada uma fase crítica para a melhoria do indicador microbiológico LBC. De facto, em 12 amostragens efectuadas à soda foi observada contaminação microbiológica em todas elas, pelo menos com bactérias aeróbias, sendo que 5 amostras apresentaram valores incontáveis (> 100 ufc's). Os resultados encontram-se na Tabela 6.9.

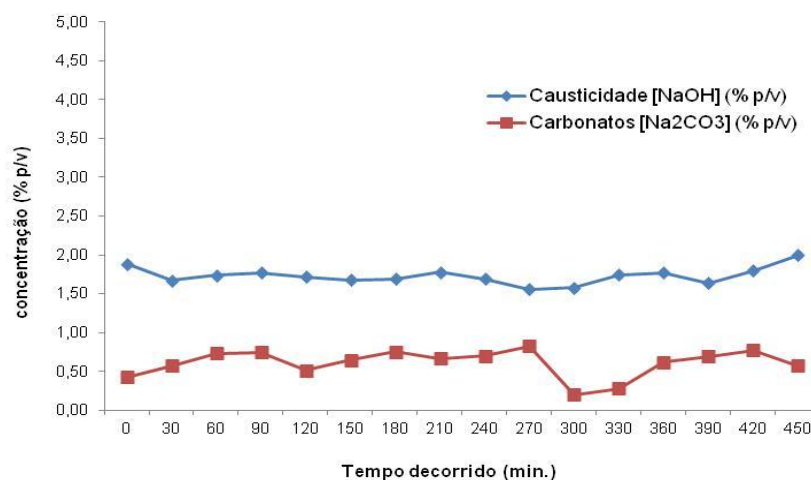
Tabela 6.9 – Resultados microbiológicos de amostragens de soda da C.I.P interna de barris.

Data da recolha	Bactérias lácticas (<i>Racka-Ray</i> /100 mL)	Bactérias aeróbias (WLN/ 100 mL)	Leveduras (WLN/ 100 mL)
27-05-2011	3	Inc.	Inc.
7-06-2011	0	14	0
21-06-2011	0	36	0
22-06-2011	0	Inc.	0
24-06-2011	0	49	0
4-07-2011	0	Inc.	0
5-07-2011	0	21	0
6-07-2011	0	Inc.	0
7-07-2011	0	75	Inc.
8-07-2011	0	40	0
1-08-2011	60	Inc.	0
29-09-2011	0	11	0

Inc. – Incontável (> 100 ufc's)

Ainda relativamente à soda da C.I.P. interna, para avaliação da sua qualidade química foram realizados ensaios de acompanhamento da lavagem interna de barris ao longo de dois turnos de enchimento de barris (30 L e 50 L), com medição da evolução da sua condutividade, concentração em carbonatos e causticidade (soda livre).

O ensaio para barris de 30 L foi realizado no dia 27 de Julho de 2011, durante um turno de enchimento de cerveja *Foster's*, das 8h00 às 16h00, em que foram lavadas 3154 unidades de barris e com recolha de amostras de 30 em 30 min. Através da análise das respectivas curvas de evolução da concentração em soda livre e carbonatos, na Figura 6.14, é possível observar-se que a concentração em carbonatos manteve-se sempre abaixo dos 1 % e a concentração em soda livre acima dos 1,5 %, estando de acordo com os valores recomendados na literatura (Knettel, 2011b).

**Figura 6.14** – Evolução da concentração em soda livre (causticidade) e em carbonatos da soda da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 30 L *Foster's* (8h-16h).

No que respeita ao ensaio para barris de 50 L, este foi feito no dia 9 de Agosto de 2011 durante um turno de enchimento de cerveja Sagres Branca das 8h00 às 16h00, em que foram lavadas 4629 unidades de barris, recolhendo-se amostras de soda de 30 em 30 min. Os resultados da evolução da concentração em carbonatos e de soda livre encontram-se descritos na Figura 6.15, tendo ainda sido acompanhada a evolução da condutividade da soda (Figura 6.16). Ao contrário do observado ao longo de um turno de enchimento de barris de 30 L, verifica-se que a concentração em carbonatos vai aumentando a partir da primeira hora de enchimento até atingir um valor de 3,85 % aos 180 min. (por volta das 11h00). A partir daí o valor mantém-se sempre elevado, em torno dos 3 a 4 %, valores muito acima dos 1 % recomendados. Em relação à concentração em soda livre, verifica-se que a partir dos 90 min. os valores, até então acima dos 1,5 %, começam a baixar ficando em torno dos 1 % ao longo de praticamente todo o restante período de enchimento. A concentração da soda total, do mesmo modo, ficou ao longo de todo o turno sempre abaixo dos 1,9 % (condutividade de 80 mS/cm), estando sempre em torno dos 50 mS/cm, o equivalente a uma concentração de 1,15 %, valor muito baixo.

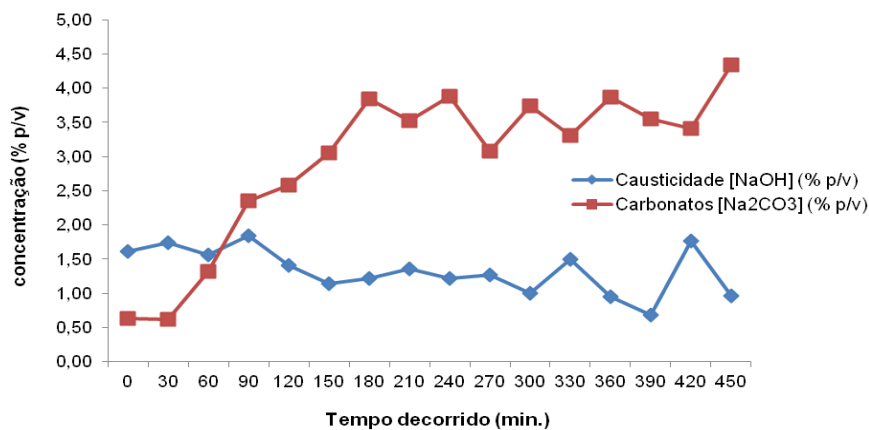


Figura 6.15 – Evolução da concentração em soda livre (causticidade) e em carbonatos da soda da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L Sagres Branca (8h-16h).

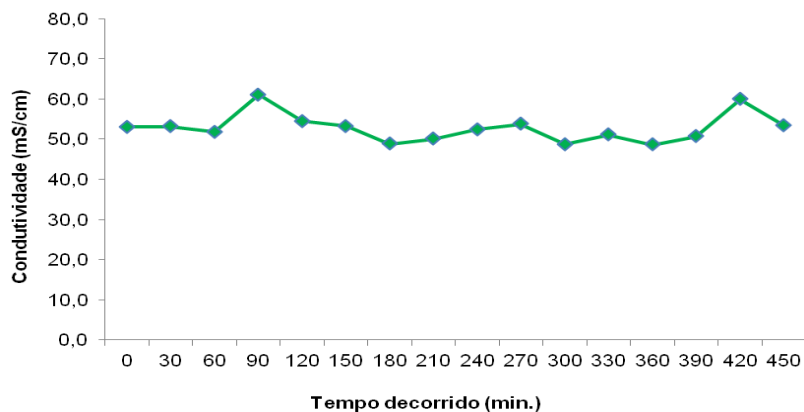


Figura 6.16 – Evolução da condutividade da soda da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L Sagres Branca (8h-16h).

Através da análise dos resultados, verifica-se de facto que quando há enchimento de barris de maior volume (50 L), a concentração em carbonatos aumenta drasticamente logo no final da manhã, ficando em torno dos 3 a 4 % durante praticamente todo o turno. Tentou-se perceber a razão para estas observações em barris de 50 L e não para barris de 30 L.

Uma das hipóteses para este problema relacionou-se com o facto do esvaziamento de barris na zona de rejeitados da balança de pesagem não estar a ser efectuado correctamente e, em particular para barris de 50 L. Uma vez que a estação de despejo da soda dos barris é a primeira estação das enchedoras, poderiam vir barris com restos de cerveja (isto é barris mal esvaziados), que aumentariam as reacções de carbonatação entre a soda e o CO₂ dos restos de cerveja. Esta situação seria mais visível em barris de 50 L dado o seu maior volume e, consequentemente, mais restos de cerveja que não seriam totalmente despejados. De facto, foi observado ao longo do acompanhamento dos ensaios que os barris rejeitados não são todos esvaziados. A selecção dos barris é feita pelo operador responsável desta zona (que acumula funções na zona da tamponadora) com base na temperatura da vareta (colocação da mão na vareta), sendo que varetas frias indicam que o barril contém cerveja e por isso deve ser despejado, enquanto que varetas quentes indicam que o barril não chegou a encher cerveja tendo sido rejeitado numa estação de higienização/esterilização ou de entrada de CO₂. No entanto, constatou-se que alguns operadores não faziam a correcta observação dos barris, deixando seguir para as enchedoras, e consequentemente para a estação de recuperação da soda, barris sem que tivessem sequer observado a temperatura das varetas e eventual despejo de cerveja que possa conter. Esta situação era sobretudo verificada aquando o período de pequeno -almoço ou almoço (cerca das 10h30-11h00 e 12h00-13h00, respectivamente), em que a mão-de-obra disponível era menor, obrigando um operador a acumular funções. Como o tapete para acumulação de barris rejeitados é pequeno (Fig 4.10), suportando até cerca de 20 barris rejeitados (ao longo de um turno podem ser despejados mais de 600 a 900 barris) o que muitos operadores faziam era, ao ver o tapete sobrelotado e impedindo a passagem de mais barris rejeitados, desbloqueavam a cancela para retorno dos barris às linhas de enchimento, deixando ir os barris acumulados sem que tal verificação fosse efectuada, com o consequente despejo de cerveja que os barris pudessem conter. Esta situação explicaria também a má qualidade microbiológica da soda de C.I.P. interna dos barris recorrentemente observada.

Para validar estas suspeitas, nomeadamente a importância do correcto esvaziamento dos barris rejeitados (sobretudo de 50 L) na qualidade química e microbiológica da soda, foram realizados novos ensaios de acompanhamento ao longo de um turno de enchimento para medição da concentração em carbonatos, soda livre, e condutividade, analisando-se também a CQO e evolução da contaminação microbiológica da soda. Sendo que desta vez os ensaios dividiram-se

em duas partes. Numa primeira parte (desde as 8h00 até ao 12h00) foi pedido para que nenhum barril da zona de rejeitados retornasse às linhas de enchimento (quer tenha sido ou não inspeccionado e esvaziado), sendo estes barris colocados manualmente em tapetes que os dirigia à pré-lavadora. Na segunda parte do ensaio (das 12h00 às 16h00), pediu-se aos operadores para que o funcionamento na zona de barris rejeitados ocorresse normalmente, isto é, com a inspecção habitual dos barris e o sistema de selecção de barris para despejo de cerveja. O ensaio teve lugar no dia 14 de Setembro de 2011, durante um turno de enchimento das 8h00 às 16h00, de barris de 50 L Sagres Branca (4302 barris lavados). Contabilizaram-se 116 barris rejeitados no período das 8h00 às 12h00; após decorridos os 240 min. de enchimento, foram rejeitados 196 barris. Os resultados em termos de evolução da concentração em carbonatos e de soda livre encontram-se na Figura 6.17, enquanto que a evolução da condutividade e da CQO estão nas Figuras 6.18 e 6.19, respectivamente. A partir da observação dos resultados verifica-se que mesmo no período em que foi pedido para que nenhum barril rejeitado voltasse directamente às enchedoras, a concentração em carbonatos aumenta, logo após 60 min. do início do turno, atingindo um valor máximo de 3,49 % aos 180 min. Situação semelhante ao que se tinha observado nos ensaios anteriores. A partir do funcionamento normal na zona de rejeitados, os valores aumentaram ainda mais, atingindo um valor máximo de 3,93 % decorridos 300 min. após o enchimento (por volta das 13h00). Tal situação parece indicar que, apesar de contribuírem para o aumento da carbonatação da soda, não serão apenas os restos de cerveja vindos dos barris rejeitados os principais responsáveis para tal aumento. Em termos de % de soda livre, esta manteve-se sempre acima dos 1,5 %. Igualmente a condutividade manteve-se sempre em torno dos 75-80 mS/cm ao longo de todo o turno de enchimento, o que indica uma elevada concentração de soda total, daí também que os valores de soda livre tenham sido superiores aos dos ensaios anteriormente apresentados.

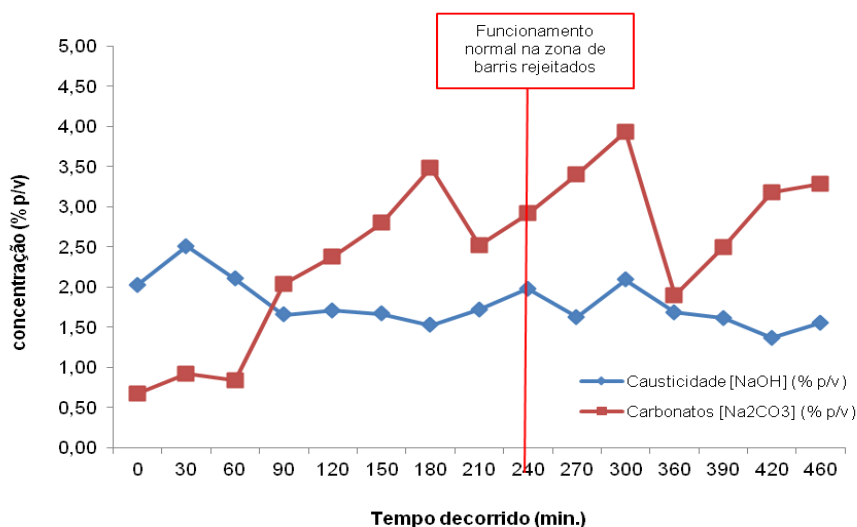


Figura 6.17 – Evolução da concentração em soda livre (causticidade) e em carbonatos da soda da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L Sagres Branca (8h-16h).

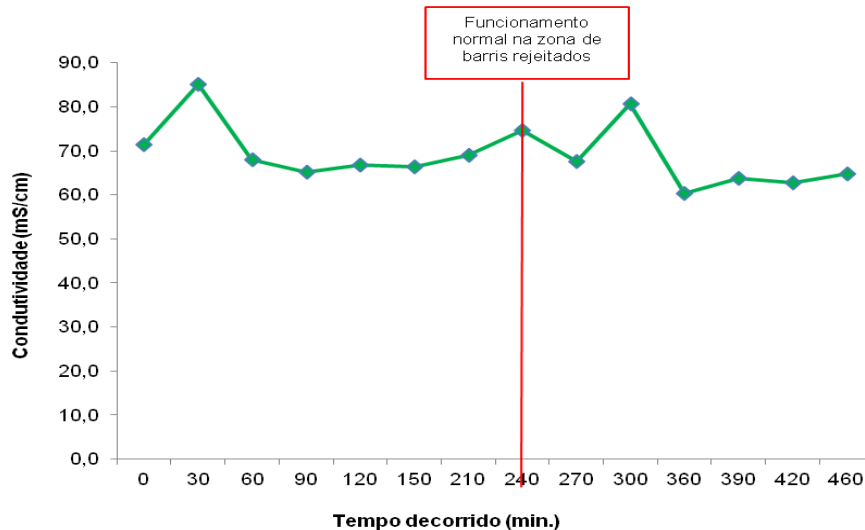


Figura 6.18 – Evolução da condutividade da soda da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L Sagres Branca (8h-16h).

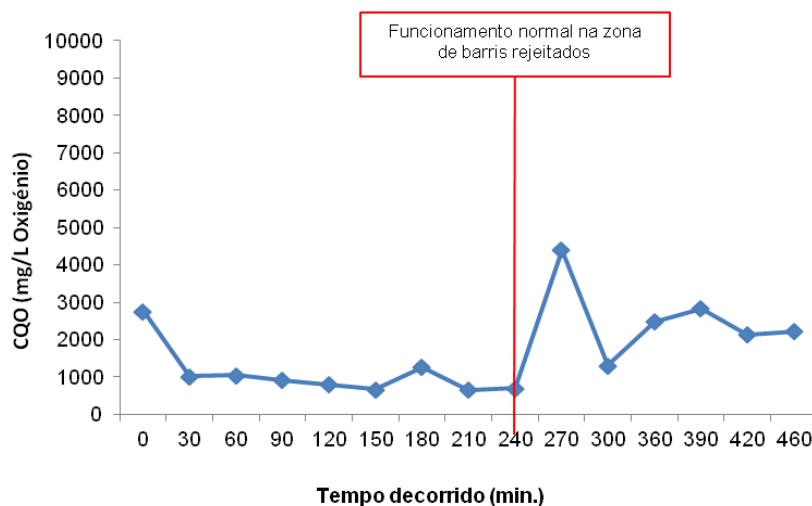


Figura 6.19 – Evolução da CQO em soda de C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris de cerveja 50 L Sagres Branca (8h-16h).

Relativamente à CQO (Figura 6.19), verifica-se que durante o período em que nenhum barril rejeitado retornou às enchedoras, os valores mantiveram-se em torno dos 1000 mg/L O_2 , apesar de um nível elevado logo no arranque do enchimento (CQO de 2756 mg/L O_2). Decorridos os 240 min. de enchimento e o funcionamento normal da zona de rejeitados, que coincidiu com o período de almoço, observa-se um aumento dos valores de CQO, atingindo um valor máximo de 4399 mg/L O_2 aos 270 min. (12h30), indicando um maior teor em matéria orgânica. Estes resultados estão aliás de acordo com a cor observada nas amostras de soda recolhidas antes e após o normal funcionamento da zona de barris rejeitados. A maioria das amostras de soda recolhidas na primeira parte do ensaio (baixos valores de CQO), apresentavam-se incolores (Figura 6.20A);

sodas recolhidas na segunda parte do ensaio apresentavam-se maioritariamente com coloração típica da cerveja, indicando elevado teor de matéria orgânica (Figura 6.20B).

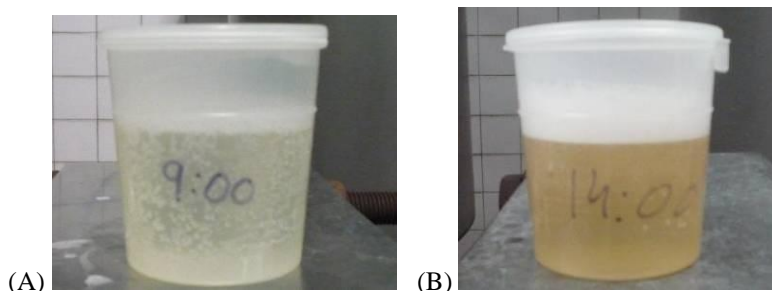


Figura 6.20 – Aspecto visual de sodas da C.I.P. interna de barris ao longo de um turno de enchimento de barris 50 L Sagres Branca. (A) soda recolhida às 9:00, com baixo teor em matéria orgânica; (B) soda recolhida às 14.00, com elevado teor em matéria orgânica.

Comparando estes resultados com a evolução da contaminação microbiológica da soda, cujos resultados encontram-se na Tabela 6.10, verifica-se que a primeira amostra de soda já apresentava contaminação microbiológica, até porque no início do turno os valores de matéria orgânica já eram elevados. Aos 180 min. de enchimento, os valores da CQO voltam a aumentar (1271 mg/L O_2), período a partir do qual a contaminação microbiológica passou a ser incontável. É precisamente aos 180 min. que se observou um pico na carbonatação da soda, indicando que houve “entrada” de matéria orgânica renovada no tanque da soda, com origem noutra fonte que não dos restos de cerveja de barris rejeitados.

Um outro dado curioso observado, é que não é apenas a matéria orgânica (CO_2 de restos de cerveja) que parece contribuir para a carbonatação da soda. Correlacionando a evolução da CQO com a evolução da concentração em carbonatos, verifica-se que a partir dos 60 min. até aos 150 min. os níveis de carbonatos vão sempre aumentando enquanto que a matéria orgânica total na soda, pelo contrário, vai diminuindo, indicando outra fonte de CO_2 não orgânica para as reacções de carbonatação.

Tabela 6.10 – Resultados microbiológicos da soda da C.I.P. interna ao longo de um turno de enchimento de barris de cerveja 50 L Sagres Branca (8h-16h).

Hora	Tempo decorrido (min.)	Bactérias aeróbias (100 mL/WLN)	Leveduras (100 mL/WLN)	Bactérias lácticas (100 mL/Raka-Ray)
08:00	0	20	0	0
08:30	30	-	-	-
09:00	60	67	0	0
09:30	90	-	-	-
10:00	120	79	0	-
10:30	150	-	-	-
11:00	180	98	0	-
11:30	210	Inc.	0	-
12:00	240	Inc.	0	-
12:30	270	-	-	-
13:00	300	Inc.	0	0
14:00	360	Inc.	0	0
14:30	390	-	-	-
15:00	420	Inc.	0	0
15:40	460	Inc.	0	0

Assim, como segunda hipótese para o aumento da carbonatação da soda da C.I.P. interna foi considerada a pré-lavadora. Foi ponderado pela equipa que a purga de restos de cerveja e expulsão do CO₂ dos barris retornáveis poderia não estar a ser efectuada correctamente, ou não existir um programa por tipo de barris, sendo esse CO₂ o principal responsável pela carbonatação da soda. Desta forma, tendo como base recomendações da Ecolab, TUM *Weihenstephan University* e da KHS (Knettel, 2011b), foi analisado o programa de lavagem da pré-lavadora, verificando a conformidade com os requisitos sugeridos. Em primeiro lugar, verificou-se a inexistência de programas de lavagem distintos para barris de 20 L ou de 50 L, o que por si só já indicava que a expulsão de CO₂ de barris de 50 L poderia não estar a ser efectuada correctamente. Observou-se que o tempo de purga de restos de cerveja e expulsão do CO₂ através da entrada de ar tem uma duração de cerca de 13 s., o que está de acordo com os valores recomendados para barris de 20 L, sendo que para barris de 50 L deverá ser cerca de 2,5 x superior. Assim, concluiu-se que o programa não está à partida adaptado para barris de maior volume, indiciando que nestes barris a carbonatação da soda poderá ser maior. Daí explicar-se-iam os resultados de carbonatação observados para barris de 50 L.

Um outro aspecto que foi observado é que a rejeição de barris mal lavados na pré-lavadora não estava a ser efectuada. Tal situação prende-se com o facto de que a rejeição de barris leva à

criação de uma nova zona de barris rejeitados, em que, os operadores têm de transportar manualmente um barril rejeitado de um tapete de rejeição para um outro tapete que os faz retornar à pré-lavadora, tal como mostra a Figura 6.21. Uma vez que isto implica mais “esforço” para os operadores, a rejeição dos barris da pré-lavadora não é efectuada. Em situações de elevado número de bicos de pré-lavagem com indicação de rejeição, o que acontece é que estes são “desligados” pelos operadores o que, embora impeça que barris sejam mal lavados e enviados para as linhas, afecta o tempo de pré-lavagem, atrasando, consequentemente o processo de enchimento de barris.

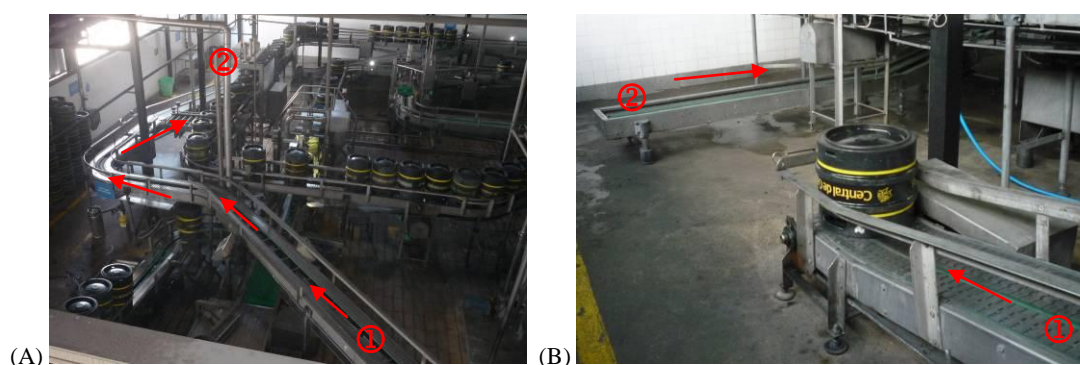


Figura 6.21 – Percurso dos barris rejeitados da pré-lavadora. (A) Tapete dos barris rejeitados vindos da pré-lavadora; (B) Tapete transportador dos barris rejeitados de novo para a pré-lavadora.

Para validar a ideia de que o tempo de expulsão do CO_2 não está adaptado para barris de maior volume, afectando consequentemente a qualidade química da soda, e para analisar o estado da soda em barris com indicação de rejeitados, foram feitas recolhas de soda dos próprios barris pré-lavados antes de irem para as enchedoras. Os resultados observados encontram-se na Tabela 6.11.

Através da análise dos resultados verifica-se que em 5 amostras de soda de barris de 50 L correctamente pré-lavados, todas elas apresentaram valores em carbonatos muito elevados (2,60 % a 3,15 %). Pelo contrário, em 5 amostras de soda de barris de 30 L correctamente higienizados, todas elas apresentaram baixos valores de carbonatos (< 1 %). Tais evidências corroboram então a ideia de que a elevada carbonatação da soda nos tanques de C.I.P. interna provém em grande parte de sodas com elevado teor em carbonatos que são recuperadas no bico de despejo das enchedoras devido à incorrecta expulsão do CO_2 na pré-lavadora, particularmente em barris de 50 L. Assim, explica-se que ao fim de 60 min. de enchimento os valores da soda do tanque de C.I.P. interna já tenham atingido valores de carbonatação em torno dos 4 %, como se verificou em ensaios com barris de 50 L. Com respeito aos resultados da soda de barris com indicação de incorrecta higienização e que estavam prontos para ir para as linhas enchedoras, observou-se que, em 4 amostras analisadas, 3 apresentaram propriedades químicas não relativas à soda mas sim à

água, indiciando que apenas foram enxaguados. Também se verificou que das 10 amostras de soda de barris com indicação de não rejeição, uma delas (de barril de 30 L) apresentou-se como sendo apenas água. Tal situação conduziu à hipótese de que podem estar a ocorrer problemas nos *O-Rings* que vedam o contacto do canal da água e da soda, havendo mistura das soluções e consequente diluição da soda, situação essa que pode inclusive estar a ocorrer sem que o bico da pré-lavadora dê indicação de mal higienização/rejeição do barril.

Tabela 6.11 – Resultados de análises químicas de amostras de soda de barris saídos da pré-lavadora.

Indicação no bico da pré-lavadora	Tipo barril	P (mL)	M (mL)	Causticidade [NaOH] (% p/v)	Carbonatos [Na ₂ CO ₃] (% p/v)	Condutividade (mS/cm)
Não Rejeição	50L	5,50	8,47	1,01	3,15	46,80
Não Rejeição	50L	5,61	8,55	1,07	3,12	52,00
Não Rejeição	50L	5,13	7,58	1,07	2,60	51,50
Não Rejeição	50L	5,13	7,96	0,92	3,00	49,30
Não Rejeição	50 L	5,45	8,40	1,00	3,13	53,10
Não Rejeição	30L	5,23	5,89	1,83	0,70	63,90
Não Rejeição	30L	0	0	0,00	0,00	1,14
Não Rejeição	30L	5,31	5,98	1,86	0,71	64,10
Não Rejeição	30L	5,25	5,88	1,85	0,67	62,90
Não Rejeição	30L	5,04	5,88	1,68	0,89	63,00
Rejeição	50L	0,79	1,54	0,02	0,80	9,98
Rejeição	50L	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70
Rejeição	50L	6,55	8,90	1,68	2,49	65,70
Rejeição	50L	0,09	0,14	0,02	0,05	1,33

P – volume de HCl 1N gasto no primeiro ponto de titulação; M – volume total de HCl 1N gasto desde o início da titulação.

Ainda com respeito ao processo de higienização de barris vazios, foram confirmados os programas de lavagem e esterilização entre as diferentes enchedoras. Observaram-se diferenças entre os programas das quatro enchedoras, ainda que não se tenham observado diferenças entre as várias linhas de uma mesma máquina. A existência de diferenças entre os programas pode explicar os distintos desempenhos microbiológicos verificados previamente nas enchedoras. Os resultados observados para cada máquina de enchimento discriminados por reacções em cada estação encontram-se nas Tabelas 6.12 e 6.13. Para uma mais fácil comparação entre as máquinas, na Figura 6.22 pode-se observar um gráfico com os tempos dos principais passos do programa de limpeza e esterilização.

Uma das principais diferenças observadas entre as máquinas, nomeadamente comparando as máquinas 1 e 4 com as máquinas 2 e 3, é a existência de estações de paragem após a esterilização com pressão de vapor quente, o que faz com que, embora nestas estações não aconteça qualquer reacção, estas acabam por prolongar o tempo de contacto entre o vapor quente e as superfícies internas dos barris. De acordo com recomendações de especialistas da Ecolab, para que se atinja uma temperatura de vapor ideal de 130-140 °C, sugere-se um tempo de esterilização com vapor quente a alta pressão entre 15 a 50 s., dependendo da assepsia requerida e do tipo de volume de barril, sendo que para barris de 50 L são aconselhados tempos de esterilização superiores. Contabilizando os tempos de entrada de vapor quente a alta pressão (estação de esterilização + nova entrada de vapor quente na estação de entrada do CO₂), observa-se que nenhuma das máquinas apresenta tempos inferiores ao valor mínimo recomendado de 15 s. Se apenas forem tidos em conta esses tempos, as máquinas 2 e 3 são aquelas consideradas com maior tempo de esterilização, no entanto, se os tempos de paragem das máquinas 1 e 4 forem também contabilizados, podemos concluir que são estas as máquinas que apresentam um tempo de esterilização superior. Estas observações estão aliás de acordo com os desempenhos microbiológicos verificados anteriormente, em que as máquinas 1 e 4 foram aquelas identificadas como tendo os melhores resultados microbiológicos de cerveja em barril cheio e de lavagem/esterilização de barris vazios, inclusive, para barris de maior volume.

Outra importante diferença observada entre os programas das máquinas prendeu-se com os tempos de tratamento com detergente ácido. Constatou-se que a máquina 1 era única com “duplo” tratamento com agente detergente ácido, perfazendo um tempo total de contacto entre o ácido e as superfícies do barril de 21 s. Embora a Ecolab não indique recomendações específicas para tempos de tratamento ácido, a verdade é que este incremento de tempo pode fazer a diferença no processo de lavagem de barris de maior volume (50 L). Além disso, se o barril tiver uma elevada “carga” de sujidades, um maior tempo de contacto entre o ácido e as paredes do barril permitirá uma melhor penetração e dissolução da sujidade inorgânica. Tal observação vem mais uma vez confirmar o melhor desempenho da máquina 1, comparativamente às restantes máquina, inclusive, relativamente à máquina 4.

A constatação destas diferenças e, sobretudo, porque foram ao encontro de resultados previamente observados, levaram a equipa a tomar medidas de acção imediatas. Desta forma, procurou-se harmonizar os programas de limpeza/esterilização das enchedoras, nomeadamente das máquinas 2 e 3, consideradas mais críticas em termos de aeróbios, tendo em consideração recomendações da Ecolab e como modelo base de referência o programa da máquina 1.

Assim, foram realizados dois ensaios para harmonização dos programas das máquinas 2 e 3. Os ensaios tiveram lugar nos dias 14 e 27 de Julho de 2011, estando presente um técnico da KHS (empresa fabricante destas máquinas) que efetuou a alteração nos sistemas de programação. Aquilo que se pretendeu no primeiro ensaio foi uma harmonização em termos do programa de esterilização, através do aumento dos tempos de entrada de vapor quente nas máquinas 2 e 3 ou da adição de um agente desinfetante (ex. P3-oxypack 0,2 %), o que mostrou ser inviável para os sistemas de máquina em questão. Foi assim, realizado um segundo ensaio em que se implementou a alteração dos tempos de entrada de ácido (tempos harmonizados para 21 s. tal como a máquina 1), além de tempos de enxaguamento com água, de acordo com recomendações da Ecolab o pré-enxaguamento entre a soda e o tratamento com ácido foi reduzido dos 8 s. para 6 s. No que respeita ao enxaguamento intermediário com água quente após entrada de ácido, apenas alteraram-se os tempos da máquina 3, aumentando-se de 11 s. para 14 s., uma vez que a máquina 2 já apresentava valores dentro dos parâmetros recomendados (16 a 18 s.). As alterações efetuadas ao programa encontram-se descritos na Figura 6.23. É de referir que relativamente à máquina 2, apenas foram alterados os tempos das linhas 2BCD, uma vez que para a linha 2A o acesso às definições do programa para alteração não foi conseguido.

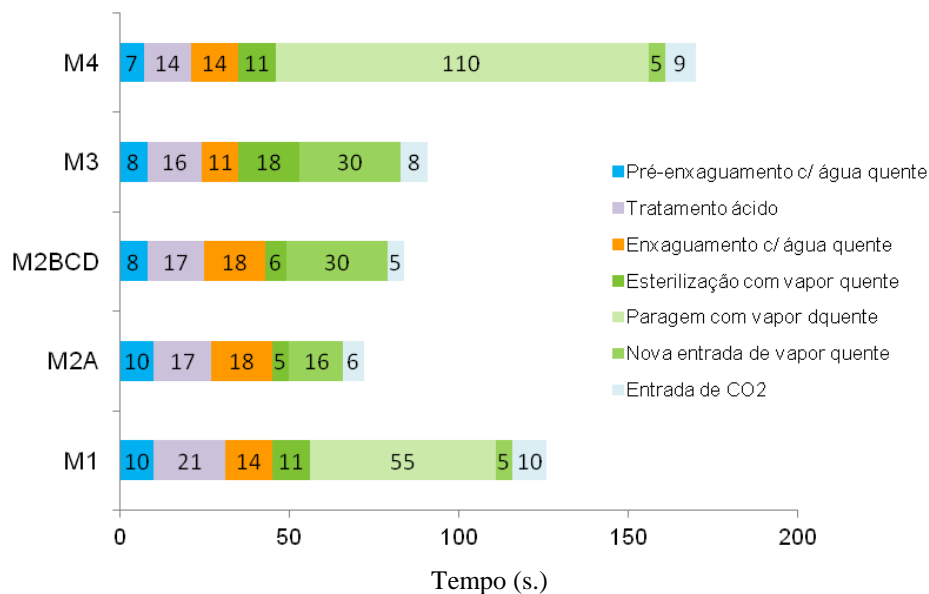
Tabela 6.12 – Programa de lavagem/esterilização de barris vazios nas máquinas 1 e 4.

Máquina 1		Máquina 4	
Programa lavagem/esterilização	Tempo (s.)	Programa lavagem/esterilização	Tempo (s.)
1ª Estação – DESPELO SODA		1ª Estação – LAVAGEM	
Ar (despejo da soda)	10	Ar (despejo da soda)	10
2ª Estação – LAVAGEM		Água quente (70 °C)	7
Água quente (70 °C)	10	Ar	4
Ar	12	Ácido P3-horolith V (1 %)	14
Ácido P3-horolith V (1 %)	14	Ar	7
Ar	12	2ª Estação – ESTERILIZAÇÃO	
3ª Estação – ESTERILIZAÇÃO		Água quente (70 °C)	14
Ácido P3-horolith V 1 %	7	Vapor Ar (130 °C; 3 Kg)	11
Ar	12		
Água quente (70 °C)	14	3ª Estação – PARAGEM	
Vapor Ar (130 °C; 3 Kg)	11	4ª Estação – PARAGEM	
4ª Estação – PARAGEM			
5ª Estação – ENTRADA CO₂		5ª Estação – ENTRADA CO₂	
Vapor Ar (130 °C; 3 Kg)	5	Vapor Ar (130 °C; 3 Kg)	5
CO ₂	10	CO ₂	9
6ª Estação – ENCHIMENTO		6ª Estação – ENCHIMENTO	

Tabela 6.13 – Programa de lavagem/esterilização de barris vazios nas máquinas 2 e 3.

Máquina 2 (BCD) ¹		Máquina 3	
Programa lavagem/esterilização	Tempo (s.)	Programa lavagem/esterilização	Tempo (s.)
1ª Estação – LAVAGEM		1ª Estação – LAVAGEM	
Ar (despejo da soda)	3	Ar (despejo da soda)	3
Água quente (70 °C)	8	Água quente (70 °C)	8
Ar	8	Ar	4
Ácido P3-horolith V (1 %)	17	Ácido P3-horolith V (1 %)	16
Ar	9	Ar	2
2ª Estação – ESTERILIZAÇÃO		2ª Estação – PARAGEM	
Água quente (70 °C)	18	Água quente (70 °C)	11
Vapor Ar (130 °C; 3 Kg)	6	Vapor Ar (130 °C; 3 Kg)	18
3ª Estação – ENTRADA CO₂		3ª Estação – ESTERILIZAÇÃO	
Vapor Ar (130 °C; 3 Kg)	30	Vapor Ar (130 °C; 3 Kg)	30
CO ₂	5	CO ₂	8
4ª Estação – ENCHIMENTO		5ª Estação – ENCHIMENTO	

¹ Para a máquina 2A diferem os tempos de água quente na 1ª Estação (10 s. em vez de 8 s.) e de vapor quente para esterilização (na 2ª Estação 5 s. em vez de 6 s.; na 3ª Estação 16 s. em vez de 30 s.).


Figura 6.22 – Comparação dos tempos dos principais passos do programa de limpeza/esterilização entre as máquinas de enchimento.

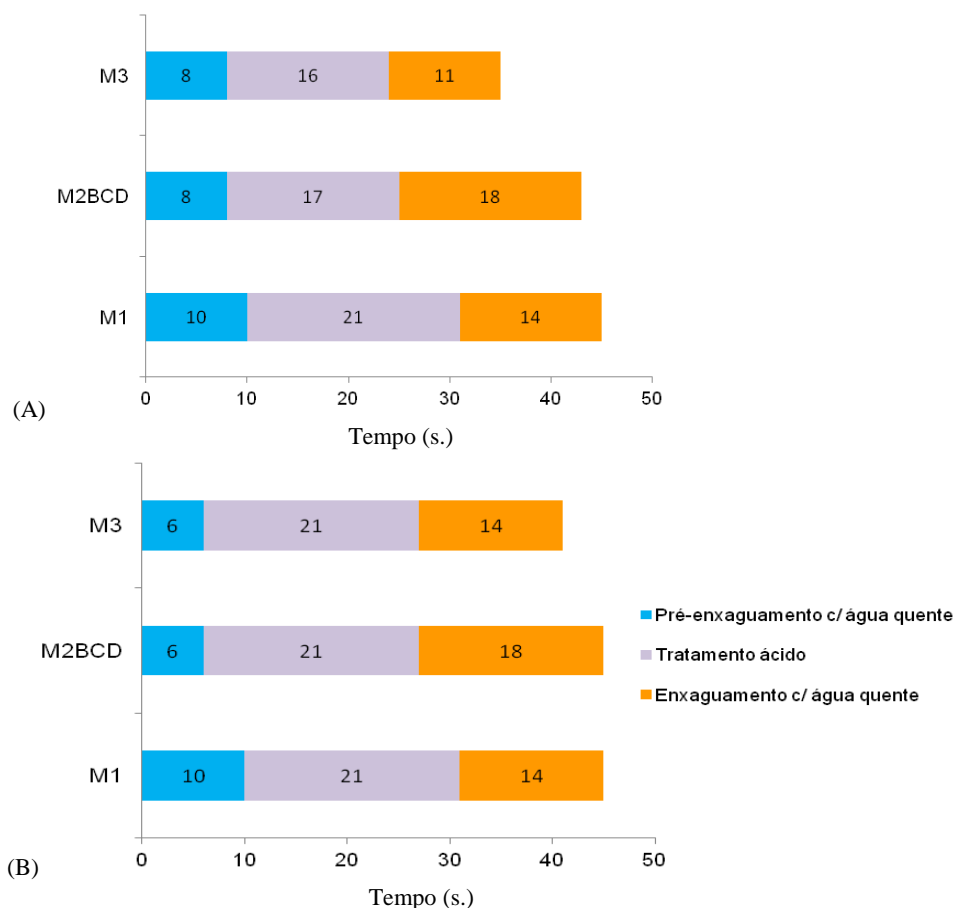


Figura 6.23 – Comparação entre os tempos do enxaguamento com água e tratamento ácido antes e após a sua harmonização. (A) tempos antes da harmonização; (B) tempos após harmonização.

Para validação das alterações de tempo implementadas e verificação do seu impacte no desempenho microbiológico do processo de limpeza/esterilização, passou-se a amostrar barris lavados diariamente, particularmente barris de 50 L. A Tabela 6.14 mostra os resultados obtidos antes e após as alterações para barris de 50 L. Na Figura 6.24, pode-se ver o desempenho das máquinas em termos de percentagem. É possível observar-se que de facto o desempenho microbiológico do processo de lavagem/esterilização das máquinas 2 e 3 para barris de 50 L parece ter melhorado com as alterações efetuadas. De facto, ainda que a dimensão da amostra seja reduzida ($n < 30$), verifica-se, para ambas as máquinas, um aumento dos resultados satisfatórios e ausência de resultados não satisfatórios para barris de 50 L, como havia sido observado anteriormente.

Tabela 6.14 – Resultados microbiológicos de barris lavados de 50 L antes¹ e após² a harmonização dos programas de higienização das Máquinas 2 (M2) e 3 (M3).

Amostra	M2		M3	
	ANTES	APÓS	ANTES	APÓS
Nº Medições	18	17	18	17
Nº Res. Não Satisfatórios	2	0	3	0
Nº Res. Aceitáveis	8	5	6	6
Nº Res. Satisfatórios	8	12	9	11

¹ Antes – Inclui resultados desde 1 de Janeiro de 2010 até 27 de Julho de 2011.

² Depois – Inclui resultados desde 27 de Julho de 2011 até 26 de Setembro de 2011.

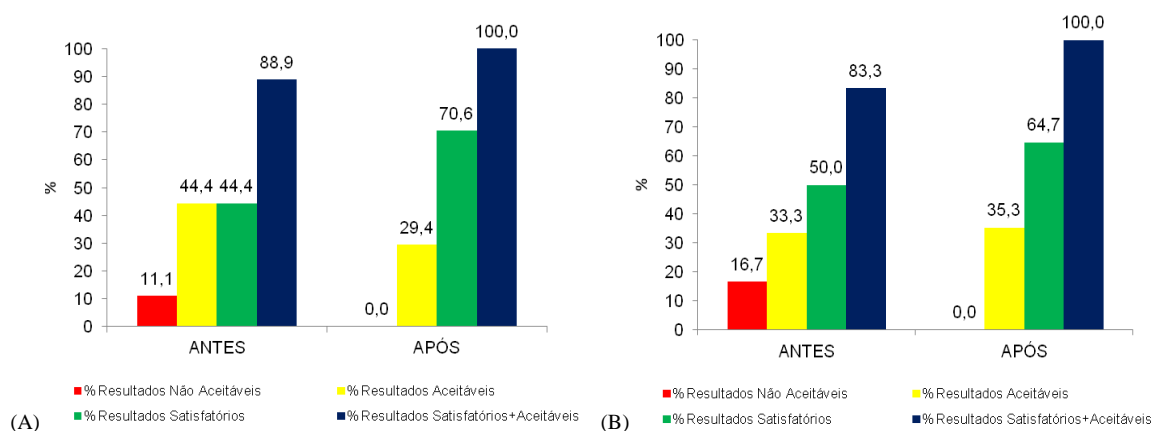


Figura 6.24 – Comparação entre os desempenhos microbiológicos do processo de lavagem/esterilização para barris de 50 L antes e após a harmonização dos programas. (A) Resultados da Máquina 2; (B) Resultados da Máquina 3.

6.2 PASSO 2 - RESTABELECIMENTO DAS CONDIÇÕES BÁSICAS

Tendo em conta as áreas consideradas mais críticas para a qualidade microbiológica do processo de enchimento de barris definidas na Matriz QA preliminar, foi feita a inspecção e etiquetagem de anomalias que poderiam comprometer o processo. Através da inspecção realizada e com base na *checklist* resultante da Matriz QA, foi identificado no TT 2+3 um ponto de amostragem colocado incorretamente, que poderia funcionar como acumulação de resíduos de cerveja, propiciando a proliferação de microrganismos contaminantes. Esta observação suscitou a abertura de uma etiqueta vermelha para a sua correcção a 20-07-2011 (etiqueta nº 39938), que veio a ser resolvida a 11-08-2011. Na sequência da rectificação do ponto de amostragem e abertura do tanque, foi constatada a existência de soldaduras em mau estado no seu interior

(Figura 6.25). Uma vez que estas “arestas soltas” poderiam comprometer a eficiente higienização do TT, as soldaduras foram prontamente reparadas.

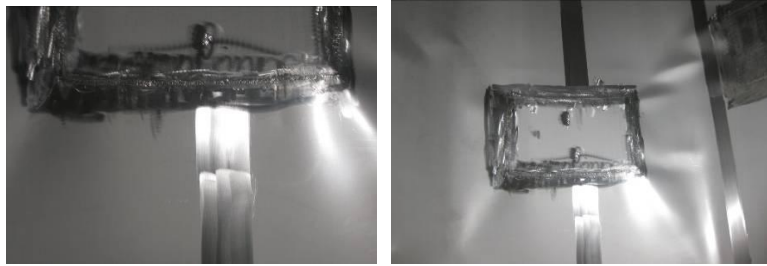


Figura 6.25 – Soldaduras em mau estado no interior do TT 2+3.

Além da abertura de etiquetas vermelhas, foi igualmente feito o levantamento de etiquetas de anomalias já abertas que poderiam ter potencial impacto a nível microbiológico do processo de enchimento de barris, de forma a acelerar o seu fecho. Foram identificadas quatro etiquetas abertas com potencial impacto microbiológico, nomeadamente:

- i. Etiqueta n.º 38054; data de abertura 12-04-2011. Desalinhamento/desequilíbrio das placas do *Flash* 2+3. Esta situação verificou-se preocupante não só pelo seu potencial impacto na qualidade microbiológica da cerveja pasteurizada, mas também pela visível quebra de extracto/cerveja, como mostra a Figura 6.26. A situação foi corrigida a 11-08-2011 e a etiqueta fechada a 16-08-2011.
- ii. Etiqueta n.º 36507; data de abertura 9-12-2010. Desalinhamento das placas do *Flash* 1+4. Semelhante problema ao verificado nas placas do *Flash* 2+3, apesar de não serem visíveis quebras de extracto de cerveja (desalinhamento sem aparente ruptura).
- iii. Etiqueta n.º 37673; data de abertura 8-03-2011. Erro no *feedback*, detector da válvula 6 do chuveiro para fazer o C.I.P. no TT 2+3. Este problema pode ter interferência no correcto enxaguamento do tanque, já que impede o funcionamento do chuveiro e, consequentemente, o correcto enxaguamento das superfícies do tanque. O problema foi corrigido a 2-09-2011 e a etiqueta vermelha foi fechada a 5-09-2011.



Figura 6.26 – Placas desalinhadas no *Flash* 2+3, com evidente quebra de cerveja.

A Figura 6.27 mostra a evolução da abertura e fecho de etiquetas vermelhas com potencial impacto microbiológico sobre o processo de enchimento de cerveja em barril. Nota-se que apenas uma das etiquetas, referente ao desalinhamento das placas do *Flash 1 + 4* não foi corrigida pelo pessoal da manutenção, não tendo sido considerada prioritária.

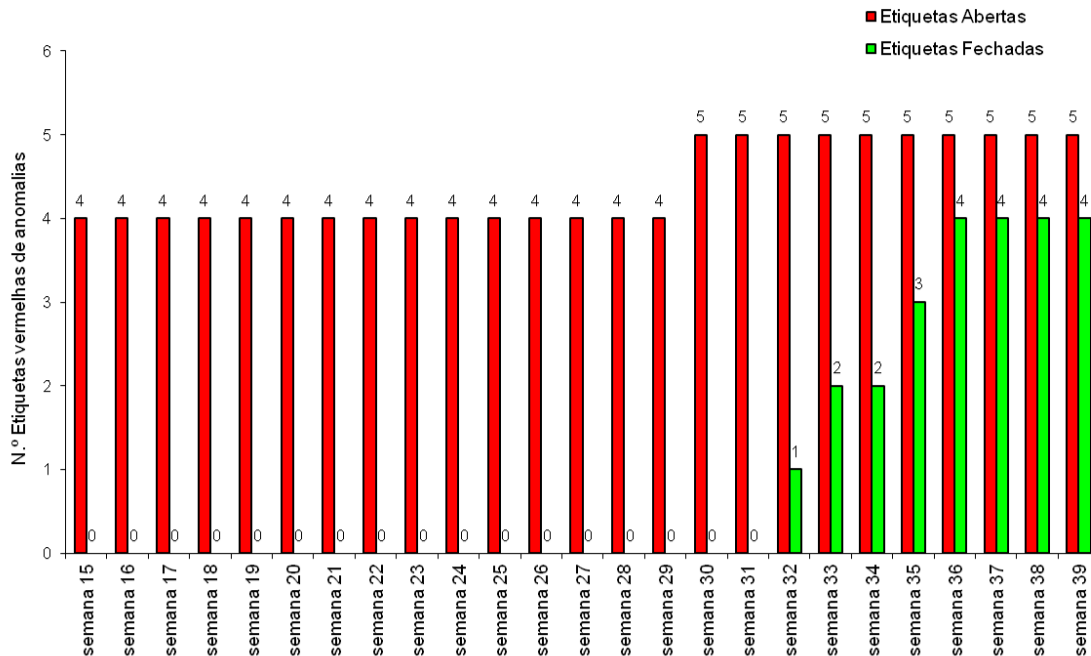


Figura 6.27 – Etiquetas de anomalias LBC (relacionadas com potencial impacto microbiológico).

6.3 PASSO 3 - DESCOBRIR AS PRINCIPAIS CAUSAS DE DEFEITO

6.3.1 Análise dos 5 porquês

Após a realização das actividades dos Passo 1 e 2, foram resumidas as causa-raiz mais prováveis para os defeitos microbiológicos recorrentes do processo de enchimento de barris de cerveja e que estão a ter consequências negativas para o FTR Micro LBC. Através de uma reunião da equipa em que foram mostrados todos os resultados observados em análises e ensaios efectuados, foi elaborado um Diagrama de causa-efeito/*Ishikawa* (Figura 6.28) considerando-se todas as potenciais causas identificadas, a sua associação aos 5'M e o seu nível de influência no problema (8 elevado, 5 médio, 2 baixo). A partir do diagrama construído considerou-se como causas prováveis e com maior impacto sobre o problema a contaminação da cerveja no pasteurizador (máquina), a contaminação da cerveja no seu envio do pasteurizador para a enchedora (máquina) e o enchimento de barris mal higienizados (método). A partir das causas com maior influência no problema foi feita uma análise de 5 porquês (Figura 6.29) para

compreender a sua origem no modo de defeito e definir acções preventivas e correctivas, para que essas causa-raiz não voltassem a ser verificadas.

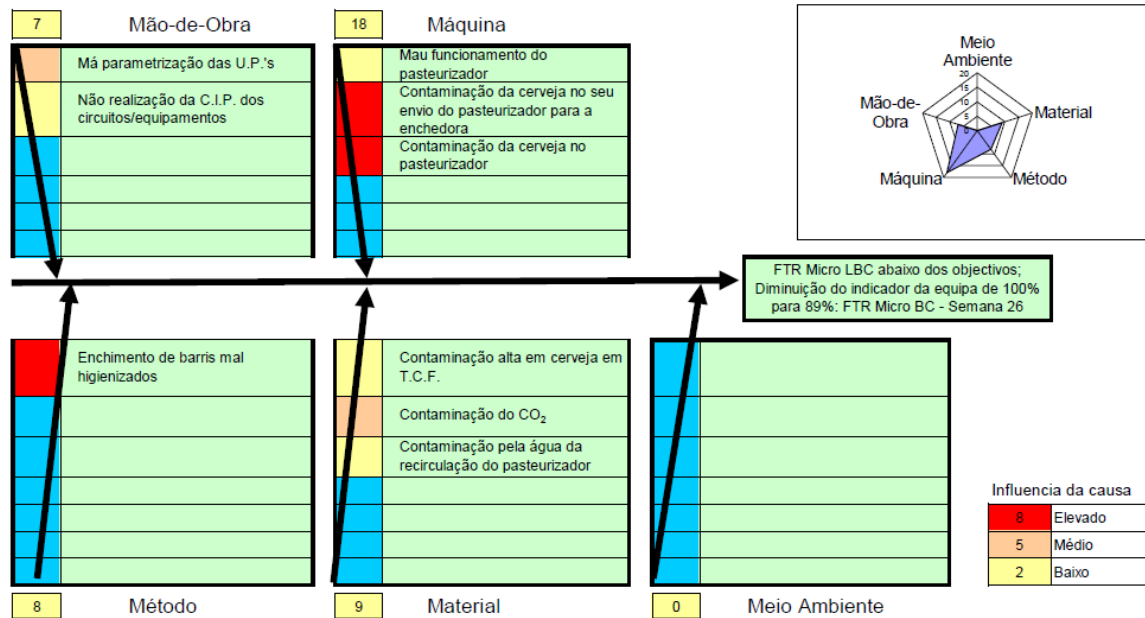


Figura 6.28 – Diagrama de causa-efeito equipa FTR Micro LBC.

Segue-se um resumo das principais observações efectuadas na análise 5 Porquês.

Relativamente ao envio da cerveja do pasteurizador para a enchedora foram discutidas como causa-raiz do problema: (i) a existência de soldaduras mal efectuadas nas tubagens e no TT 2+ 3, por método não cumprido dada a inexistência de uma L.U.P. que evitaria que esta situação tivesse ocorrido (mão-de-obra). Constatou-se que a fábrica possui uma L.U.P. que garante o desenho higiénico das tubagens, elaborada posteriormente à montagem dos circuitos dos barris; (ii) a existência de pontos mortos no TT2 +3, por existir um ponto de amostragem mal colocado devido a falta de acompanhamento na sua instalação (método). Para a correcção deste ponto de amostragem foi aberta uma etiqueta de anomalia vermelha para restauro da condição básica do tanque, como já descrito no Passo 2, e como medida preventiva, para evitar situações semelhantes em qualquer área da fábrica, foi elaborada uma L.U.P. para a correcta instalação de pontos de amostragem para microbiologia (Passo 4, a seguir descrito).

No que respeita à contaminação da cerveja no pasteurizador, como causa do problema, foram identificadas anomalias relativas à máquina, nomeadamente a existência de placas desalinhadas e rotas (sobretudo no *Flash* 2+3). Como causa-raiz para este problema foi considerado que o *Flash* 2+3, ao contrário, do *Flash* 1+4, está mais sujeito a oscilações que podem provocar ruptura das

placas devido à abertura das válvulas que se encontram acima do pasteurizador; enquanto que no *Flash 1+4* o sistema de válvulas é localizado em baixo, junto à saída da cerveja. Como acção correctiva foi aberta uma etiqueta de anomalia vermelha, fechada pelo departamento de manutenção, como já descrito no Passo 2.

Quanto ao enchimento de barris mal higienizados, foram identificadas várias causas-raiz para o problema, nomeadamente:

i. Existência de barris com sujidades muito elevadas que dificultariam a sua higienização, devido, por um lado, ao recurso a barris muito antigos (com várias reparações no seu revestimento interno) e, por outro lado, o recurso a barris sem lavagem prévia, isto é, barris em *stock* com algum tempo de armazenagem (mais de meio ano) e exposição prolongada às agressões ambientais. Como acção preventiva foi sugerido o retorno de um programa de pré-lavagem de barris nas épocas baixas (Outono/Inverno) que permitisse a acumulação de um *stock* de barris que garante a ausência de contaminações microbiológicas para ir para enchimento nas épocas altas em que há mais falta de vasilhame;

ii. Higienização prévia na pré-lavadora pouco eficaz, resultante de várias situações:

- a. soda cáustica de má qualidade química e microbiológica devido a restos de cerveja de barris rejeitados mal inspecionados e esvaziados na zona de rejeição. Como medida preventiva foi elaborada uma L.U.P. para sensibilização dos operadores para a correcta inspecção dos barris rejeitados (Passo 4, a seguir descrito). Como medida correctiva, foi “adoptada” pela equipa uma proposta de melhoria para alteração da planta da zona de barris rejeitados, que permitiria o retorno dos barris rejeitados à pré-lavadora, sem necessidade de inspecção pelo operador (Passo 4, a seguir descrito). Por outro lado, a má qualidade da soda também seria devido a resíduos de CO₂ de barris da pré-lavadora que são recuperados nos bicos de despejo de soda, resultantes de problemas na própria pré-lavadora. Como medida preventiva foi reportada a necessidade de uma vistoria completa à pré-lavadora com reposição da sua condição básica (restauro do bloco central, substituição de *O-Rings*/vedantes).
- b. barris com indicação de rejeição na pré-lavadora (isto é, mal lavados) que, não sendo rejeitados, vão para enchimento comprometendo a eficiência da sua higienização. Tal resultaria da acumulação de muitos barris rejeitados na zona de rejeição (pré-lavadora + enchimento) com implicações de maior esforço do

pessoal. Como medida preventiva alertou-se o líder da equipa LBC para que em situações de rejeição de barris nas estações da pré-lavadora estas fossem desligadas, independentemente de serem muitas estações a rejeitar ou poucas. Como medida correctiva sugeriu-se a proposta de alteração da planta da zona de barris rejeitados (Passo 4, a seguir descrito), de forma a reduzir o “esforço” dos operadores na inspecção de barris rejeitados.

- iii. Método inadequado para a higienização de barris com elevada “carga” de sujidades e de maior volume (50 L), que necessitam de maiores tempos de reacção entre os detergentes e as paredes do barril. Como medida correctiva foi feita a harmonização dos tempos de higienização.

Descrição do Problema	Causas									5M	Acções				
	Porquê (1)	Confirmado	Porquê (2)	Confirmado	Porquê (3)	Confirmado	Porquê (4)	Confirmado	Porquê (5)		Confirmado	Ação Preventiva	Ação Correctiva		
Contaminação da cerveja no seu envio do pasteurizador para a enchedora	Existência de biofilmes nas tubagens (junto ao TT 2+3)	s	Higienização das tubagens não eficaz	s	Existência de superfícies rugosas	s	Tubagens antigas (ferrugens)	n							
							Soldaduras mal efectuadas	s	Método desadequado	n					
											Método inexistente	n			
											Método não cumprido	s	Mão de Obra		(soldadura anterior à criação da LUP 661)
					Existência de pontos mortos nas tubagens	n									
					Concentração (ácido/soda) desadequada	n									
					Produtos de higienização desadequados	n									
					Tempo de programa CIP desadequado	n									
					Caudal desadequado	n									
					Temperatura desadequada	n									
	Frequência de CIP insuficiente	n													
	Existência de fugas nas tubagens que podem levar à entrada de ar contaminado	n													
	Má higienização dos tanque tampão	s	Existência de pontos mortos nos tanques tampão (TT2+3)	s	Ponto de amostragem colocado incorrectamente	s	Má definição da colocação do ponto de amostragem	s	Falta de acompanhamento na colocação do ponto de amostragem	s	Método	criar LUP para instalação de pontos de amostragem (IL) - 1042	abertura de etiqueta vermelha (38938) para correcção de ponto de amostragem (fechada a 11-08) - JA		
					Existência de superfícies rugosas no TT2+3	s	Soldaduras mal efectuadas	s	Método desadequado	n					
									Método inexistente	n					
									Método não cumprido	s					
					Incorrecto enxaguamento do tanque tampão (TT2+3)	s	Problemas no detector da válvula do chuveiro pra fazer o CIP	s	Erro na programação	s			Método		abertura de etiqueta vermelha (37673) (fechada a 2-09)
					Produtos de higienização desadequados	n									
					Concentração (ácido/soda) desadequada	n									
					Tempos de programa de higienização desadequados	n									
					Caudal desadequado	n									
					Frequência de CIP insuficiente	n									
Enchimento de barris mal lavados	Lavagem não eficaz	s	Barris com sujidade acima do aceitável	s	Barris muito antigos (P0)	s	Falta de barris para enchimento	s							
					Barris sem lavagem prévia (Lavagem de Inverno)	s	Mudança de procedimento	s	Economização de custos (tempo e produtos)	s	Método	Definir programa de pré-lavagem na época baixa (Método e frequência) - FA			
			Higienização prévia na pré-lavadora pouco eficaz	s	Soda (CIP interna) de má qualidade (contaminação microbiológica; níveis elevados de carbonatação)	s	Resíduos de cerveja são recuperados nos bicos de recuperação de soda	s	Barris rejeitados do enchimento com restos de cerveja estão a entrar novamente nas linhas	s	Máquina	Alteração da planta da zona de rejeição para que barris não lavados voltem a entrar na pré-lavadora e não entrem nas linhas de enchimento - proposta melhoria 481 (AM)	Criar uma LUP de forma a chamar a atenção para a correcta inspecção dos barris rejeitados (temperatura da vareta; existências de restos de cerveja) (FF) - 1044		
							Resíduos de CO2 de barris da pré-lavadora são recuperados nos bicos de recuperação de soda	s	Purga dos restos de cerveja dos barris está a ser efectuada sem sistema de pressão	s	Método		Repór a condição básica da pré-lavadora na próxima manutenção preventiva (IL) - efectuada		
					barris não lavados eficazmente entram nas linhas de enchimento (barris lavados só com água)	s	a rejeição de barris da pré-lavadora não está activa	s	Bicos da pré-lavadora não estão a expulsar eficazmente CO2 dos barris (problema nas válvulas)	s	Máquina		Repór a condição básica da pré-lavadora na próxima manutenção preventiva (IL) - efectuada		
									acumulação de muitos barris rejeitados na zona de rejeição (pré-lavadora + enchimento) - maior esforço pessoal	s	Máquina		Desligar bicos da pré-lavadora que estejam frequentemente a rejeitar barris (AV); Repór a condição básica da pré-lavadora na próxima manutenção preventiva (IL) - efectuada		
			Método inadequado para lavagens de barris de maior capacidade	s	Não existe programa específico para barris de maior capacidade	s	Não foi definida programação específica para o formato que se está em encher	s	Ainda não criado	s	Método		Harmonizar o programa de limpeza tendo como referência a linha com melhores resultados microbiológicos em barris lavados de maior volume (linha1) (FF) (Efectuado na Semana 28)		
			Produtos de higienização	n											
			Concentração (ácido/soda) desadequada	n											
			Contaminação da cerveja no pasteurizador	Existência de fugas no pasteurizador 2+3	s	Mau alinhamento das placas	s	osilação do pasteurizador devido à abertura das válvulas	s					Máquina	
Má higienização do pasteurizador	n														

Figura 6.29 – Análise 5 Porquês. IL – Ivan Lubrano, da equipa de manutenção planeada; JA – Joaquim Amaral, membro da equipa e operador de enchimento; FA – Filomena Araújo, responsável da área de barris; AM – António Madaleno – co-team leader da área de barris; FF – Flávia Fernandes – membro da equipa; s – sim; n – não.

6.3.2 Elaboração da Matriz QA definitiva

Com base na análise 5 porquês foi construída uma Matriz QA definitiva (Figura 9.3 do Anexo V). A partir daí construiu-se um novo Diagrama de Pareto (Figura 6.30). Os resultados de verificação das teses propostas na matriz QA preliminar e a nova ponderação atribuída com base nos resultados observados encontram-se na Tabela 9.2 do Anexo IV. Com base nos resultados identificou-se de facto a pré-lavadora como uma das áreas mais críticas, com uma contribuição de 123 ‰ sobre os defeitos microbiológicos totais produzidos, pelo que a merecer acções de intervenção imediatas para o melhor desempenho microbiológico do processo de enchimento de barris, seguindo-se como fase crítica o enchimento de barris (118 ‰). Esta situação foi reportada à Empresa e registada no Plano de Acção da Fábrica através de uma análise RCFA (*Root Cause Failure Analysis*; Análise da Causa-Raiz da Falha), em que a pré-lavadora foi indicada como uma das principais causa-raiz para os problemas microbiológicos da área de enchimento de barris. A reparação da pré-lavadora apenas teve lugar após o “fecho” da equipa, a 28 de Novembro de 2011, com a restauração da condição básica na coluna central, e substituição dos *O-Rings* na última semana de Dezembro de 2011. Além do restauro da máquina, foi optimizado o seu plano de manutenção preventiva considerando a substituição dos vedantes e revisão das válvulas com uma periodicidade de 8 meses. Esta medida preventiva irá assegurar que a condição básica da coluna central da máquina se mantenha inalterável num maior período de tempo.

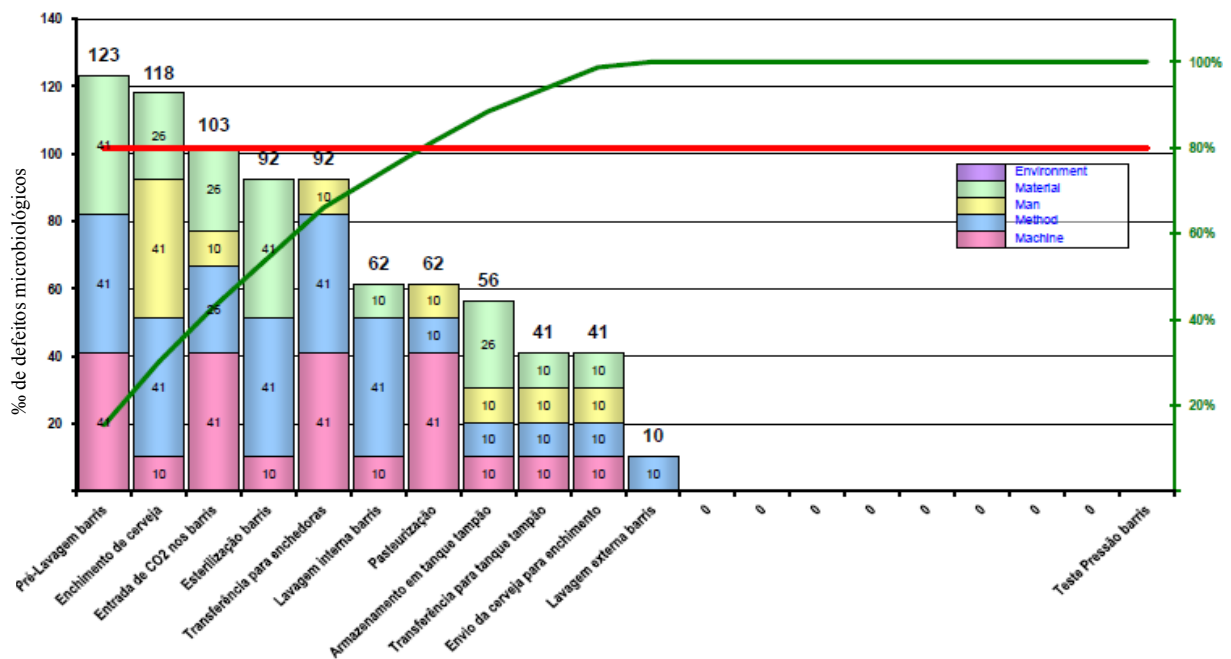


Figura 6.30 – Diagrama de Pareto correlacionando os modos de defeitos microbiológicos com as principais fases do processo de enchimento de cerveja em barril da Matriz QA definitiva.

Após a verificação do registo de actividades, restauro das condições básicas do pasteurizador 2+3 e do TT 2+3, bem como harmonização dos programas de higienização das enchedoras, as fases de transferência da cerveja para TT, armazenamento em TT e lavagem interna de barris, consideradas como principal foco de acção inicial, reduziram a sua relevância no problema (41 %, 56 % e 62 % de peso, respectivamente, sobre o total de defeitos microbiológicos).

6.4 PASSO 4 – IMPLEMENTAÇÃO DE ACÇÕES DE MELHORIA

6.4.1 Criação de instruções de trabalho

De forma a padronizar contramedidas a situações anómalas observadas pela equipa, foram elaboradas três L.U.P.'s:

- i. **L.U.P. N.º 1043, Plano de amostragem de barris (produto acabado) para análises laboratoriais** (Figura 9.4, Anexo VI). Esta L.U.P., dirigida ao líder da área de barris, foi elaborada face aos resultados observados de amostragem tendenciosa de barris para as análises microbiológicas. Definiu-se um plano de amostragem alternando linha/bico de enchimento, de forma a seguir os requisitos da *Heineken*. Ao mesmo tempo, reduziu-se o número de amostras que estavam a ser efectuadas para análises laboratoriais, passando a amostrar apenas um barril para todas as análises. Tais alterações, embora não tivessem qualquer impacto ao nível do FTR Micro LBC, permitiram contribuir para a redução da quebra por extracto de cerveja, trazendo benefícios em termos de custos para a Empresa.
- ii. **L.U.P N.º 1044, Inspeção de barris na zona de rejeitados das linhas de enchimento** (Figura 9.5, Anexo VII). L.U.P. criada com o objectivo de chamar a atenção dos operadores para a correcta inspecção de barris da zona de rejeitados.
- iii. **L.U.P N.º 1042, Correcta montagem de pontos de amostragem para Microbiologia.** L.U.P (Figura 9.6, Anexo VIII) criada com o objectivo de servir de guia de consulta às boas práticas de montagem higiénica de pontos de amostragem para a Microbiologia.

6.4.2 Propostas de melhoria

Atendendo às diversas situações anómalas relativas à qualidade química e microbiológica da soda cáustica da C.I.P. de barris, a equipa “recuperou” uma proposta de melhoria, datada de 2 de Setembro de 2008, relativa a alterações na planta da zona de rejeitados (Figura 9.7, Anexo IX).

Aquilo que se propõe é a desmontagem do transporte de rejeição de barris vazios actual e a sua reinstalação na zona de reparação, junto ao tapete que faz a ligação de retorno à pré-lavadora, permitindo que barris inspeccionados/reparados voltem a entrar na linha antes da pré-lavadora. De facto os benefícios esperados são muitos. Além de se evitar que barris rejeitados com restos de cerveja entrem nas linhas das enchedoras e a cerveja seja recuperada no bico de despejo da soda, permitirá a acumulação de apenas uma zona de barris rejeitados sem que o operador tenha que se deslocar para cumprir as várias tarefas deste posto de trabalho.

6.4.3 Registo gráfico dos resultados obtidos

Após as acções efectadas pela equipa, no que diz respeito ao restauro de condições básicas (TT 2+3, *Flash* 2+3) e harmonização dos programas de higienização das máquinas 2 e 3, foi avaliado o impacto dos resultados no FTR Micro LBC. Analisando a evolução do indicador (Figura 6.31), é possível observar-se que de facto, após as intervenções da equipa, o FTR Micro LBC passou a ter valores sempre superiores ao objectivo proposto, com valores semanais consecutivos de 100 %. Desdobrando-se o indicador em termos de FTR Micro para cada máquina de enchimento (Figuras 6.32 a 6.35), verifica-se que, relativamente às máquinas 2 e 3, em que o foco das acções da equipa incidiram, o desempenho microbiológico parece ter melhorado.

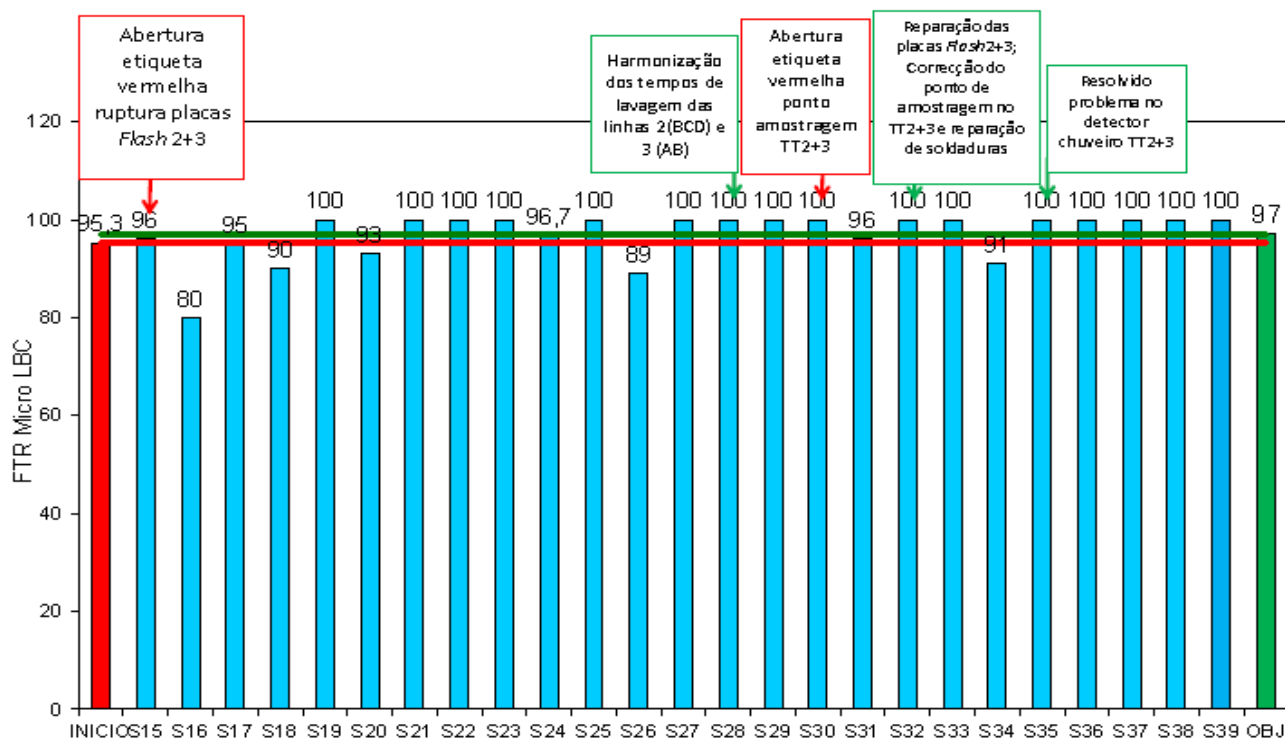


Figura 6.31 – Evolução do indicador FTR Micro LBC após as intervenções da equipa FTR Micro LBC.

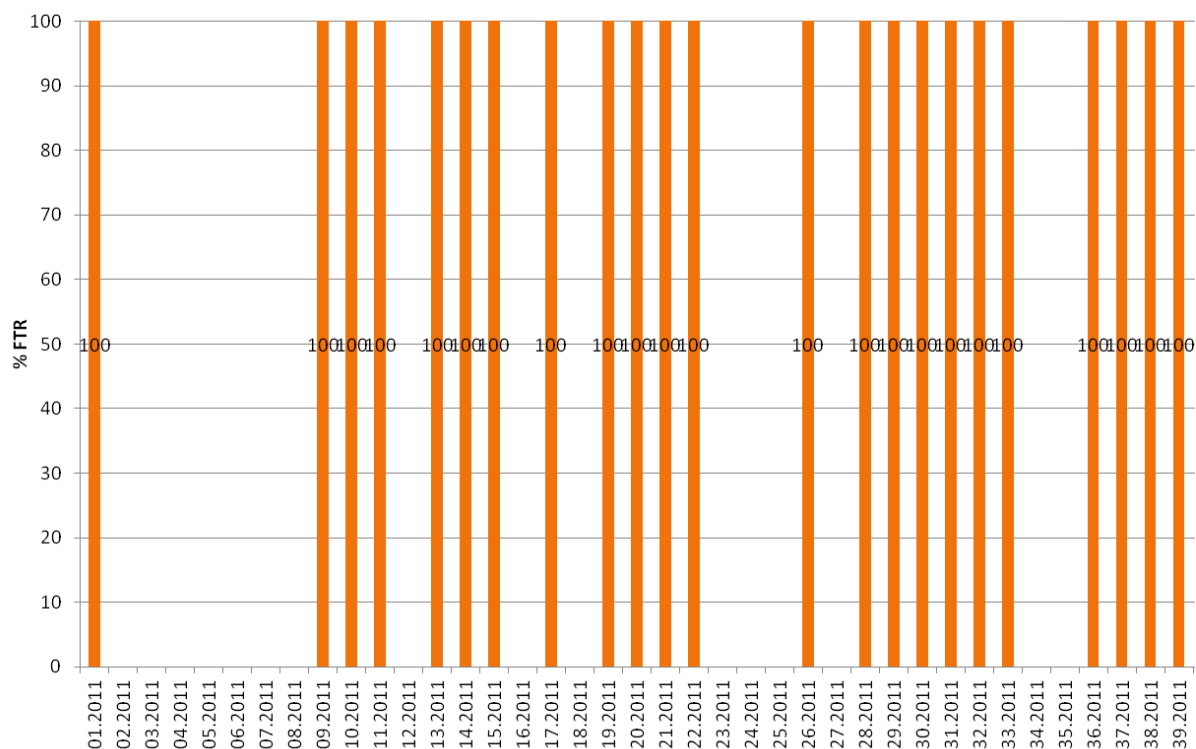


Figura 6.32 – Evolução semanal do FTR Micro LBC Máquina de enchimento 1 até ao “fecho” da equipa de melhoria.



Figura 6.33 – Evolução semanal do FTR Micro LBC Máquina de enchimento 2 até ao “fecho” da equipa de melhoria.



Figura 6.34 – Evolução semanal do FTR Micro LBC Máquina de enchimento 3 até ao “fecho” da equipa de melhoria.

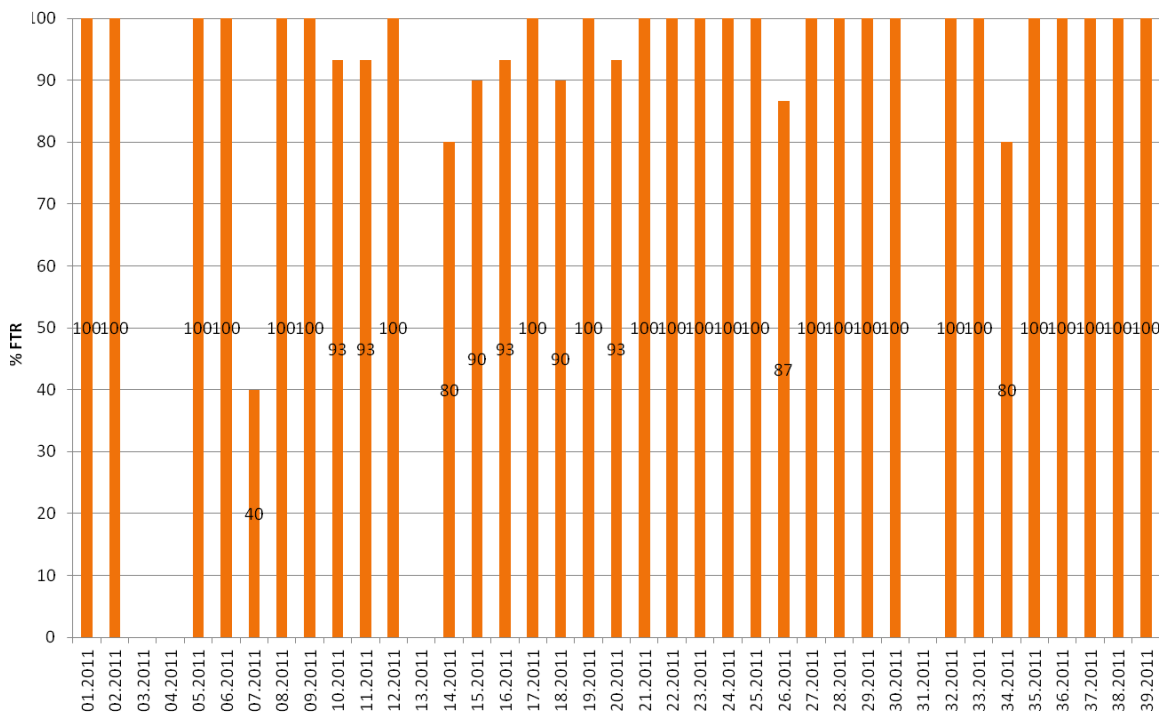


Figura 6.35 – Evolução semanal do FTR Micro LBC Máquina de enchimento 4 até ao “fecho” da equipa de melhoria.

De facto, para as máquinas 2 e 3 (Figuras 6.33 e 6.34, respectivamente), observa-se que desde a primeira intervenção da equipa (harmonização dos programas de higienização na semana 28) e subsequentes acções de restauro de condições básicas ao TT e *Flash* 2+3, os valores semanais do indicador mantiveram-se praticamente sempre nos 100 %, em várias semanas consecutivas, o que melhorou o seu valor em termos de acumulado e, consequentemente teve impacto positivo no FTR Micro LBC geral.

A equipa “fechou” a 30 de Setembro de 2011 (Semana 39), com um valor FTR Micro LBC semanal de 100 % para todas as enchedoras (valor acima de 97 %) e um valor em acumulado de 96,6 %. Analisando o *trigger point* (Figura 6.36), observa-se que em várias semanas após o “fecho” da equipa o indicador continuou elevado (100 % de valor semanal), apesar de em algumas semanas ter-se registado valores inferiores a 97 %. Tal situação levou às intervenções referidas anteriormente relativas ao restauro da condição básica da pré-lavadora (bloco central e *O-Rings*). Com as várias acções efectuadas pela equipa e manutenção do indicador durante largas semanas nos 100 %, o objectivo microbiológico da Empresa para a área de enchimento de barris de cerveja para o ano de 2011 foi atingido, com 96,6 %, em termos de acumulado, vs o valor de 97,0 % proposto.

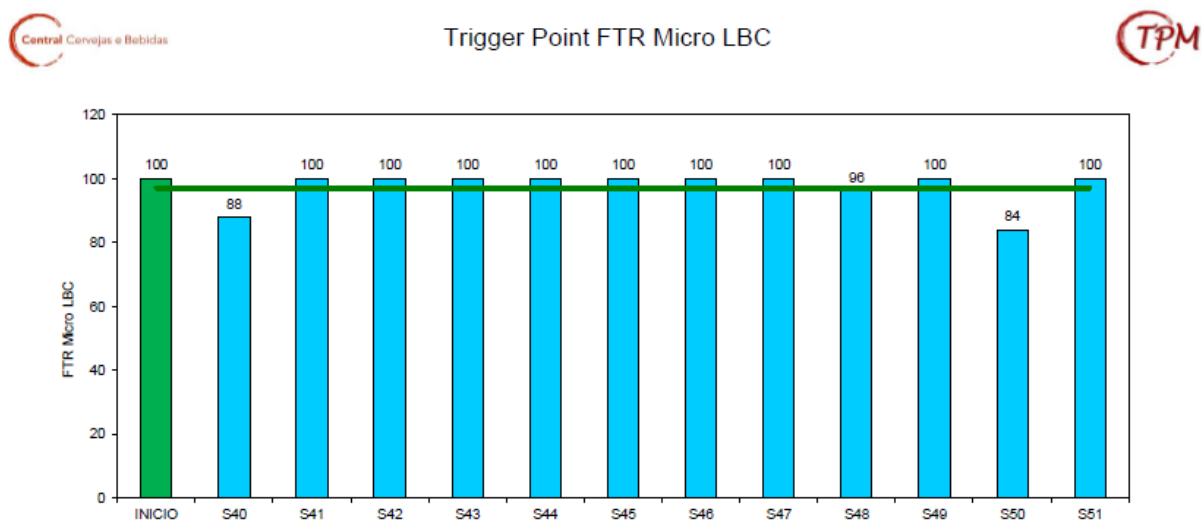


Figura 6.36 – Trigger Point FTR Micro LBC.

6.5 PASSO 6 – MELHORAR O SISTEMA PARA MANTER OS “GANHOS”

De forma a que as acções implementadas e condição básica das máquinas (enchedoras e pré-lavadora) mantenham-se estáveis por longos períodos de tempo, prevenindo possíveis reocorrências de defeitos microbiológicos, foram elaboradas Matrizes de Controlo de Defeitos.

Para tal, começou-se por elaborar uma Matriz QX, que se encontra na Figura 6.37. Correlacionou-se os modos de defeito identificados na Matriz QA (deficiente pré-lavagem dos barris, deficiente lavagem interna dos barris (tratamento ácido), enxaguamento deficiente no interior dos barris, pressurização incorrecta do barril com CO₂, barril mal cheio, deficiente esterilização do barril, CO₂ para contra-pressão contaminado), com os vários parâmetros/fases do processo, com os componentes eléctrico-mecânicos das máquinas e com as condições e parâmetros operacionais óptimos das enchedoras e pré-lavadora. A partir da Matriz QX, foram elaboradas Matrizes QM para as condições operacionais das máquinas e para os sistemas de medição dos parâmetros operacionais, de forma a garantir a prevenção e a imediata reacção aos modos de defeito microbiológicos. Estas Matrizes foram elaboradas tendo como base exemplos prévios de Matrizes QM elaboradas por outras empresas e recomendações da consultora *Solving Efeso*. Na Figura 6.38 encontra-se a Matriz QM para as máquinas pré-lavadora e enchedora de barris, onde correlaciona-se os parâmetros/condições operacionais da máquina (Pontos Q), com os valores de tolerância, responsável pela garantia da sua manutenção, frequência de medição, modos de defeito e condições pré-definidas para zero defeitos relacionados com as máquinas. Por outro lado, na Figura 6.39 encontra-se a Matriz QM para o sistema de medição dos parâmetros operacionais da pré-lavadora e máquinas enchedoras de barris, onde se relacionou os parâmetros de medição com os valores e resultados de especificação, responsável pela sua manutenção e frequência, modos de defeito microbiológicos e condições pré-estabelecidas para zero defeitos do sistema de medição. A partir da atribuição de uma pontuação para as condições de zero defeitos das máquinas e sistema de medição foi atribuído um índice de avaliação do desempenho das condições operacionais (> 80 % funcionamento satisfatório; 60-80 % funcionamento aceitável; < 80 % funcionamento não aceitável), definindo-se a necessidade de inspecções e intervenções do Pilar da Manutenção Planeada para que os valores estejam de acordo com o especificado. No entanto, é de referir que estas Matrizes QM são provisórias e estão incompletas, já que estão ainda a ser sujeitas a revisão por parte do Pilar da Qualidade da SCC dado que a implementação deste tipo de matrizes é inovadora por parte da Empresa. Apesar de se tratarem apenas de matrizes provisórias, não poderia aqui de deixar o exemplo da construção destas matrizes, que vão constituir no futuro um passo fundamental para a elaboração de *checklists* que garantam uma melhor confiabilidade das condições operacionais ideais para a qualidade microbiológica e um maior controlo da sua variabilidade, antecipando a origem dos defeitos e adoptando imediatamente contramedidas.

[illegible]

Figura 6.37 – Matriz QX da pré-lavadora e das máquinas enchedoras de barris.

Parâmetro	Higienização do filtro de CO ₂	Pressostato (7.2.3.3)	Bloco central (7.2.4.1)	Válvulas de ar (7.2.4.2)	Válvulas de água (7.2.4.3)	Válvulas de soda (7.2.4.4)	Válvulas de ácido	Válvulas de saída de ar (7.2.4.6)	Válvulas de saída de água (7.2.4.8)	Válvulas de retorno de soda (7.2.4.7)	Válvulas de retorno de ácido	Electroválvulas (7.2.6.4)	Barril teste
Especificação	Substituição de acordo com o plano de substituição de filtros	Funcionamento correcto (Pressão a zero na entrada do barril)	Ausência de fuga pelo orifício	Actuação correcta da válvula	Ausência de fuga	Ausência de fuga	Ausência de fuga	Funcionamento correcto da válvula	Ausência de fugas	Ausência de fugas	Ausência de fugas	Ausência de Fugas e sujidades	Condições Operacionais adequadas
Medição	Plano Inspeção	Visor da pré lavadora	Bloco Central	Válvulas de Ar	válvulas de água	Válvulas de soda	Válvulas de ácido	Válvulas de saída de ar	Válvulas de saída de água	Válvulas de retorno de soda (7.2.4.7)	Válvulas de retorno de ácido	electroválvulas	enchedora
Frequência	semanal	mensal	mensal	mensal	mensal	mensal	mensal	mensal	mensal	mensal	mensal	mensal	mensal
Responsável	Operador Linha BC	TMO	TMO	TMO	TMO	TMO	TMO	TMO	TMO	TMO	TMO	TMO	TMO
Ponto Q	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Modo de Defeito													
DEFICIENTE PRÉ-LAVAGEM DOS BARRIS		alto	alto	alto	alto	alto		alto	alto	alto		alto	
DEFICIENTE LAVAGEM INTERNA DOS BARRIS							alto				alto		Alto
ENXAGUAMENTO DEFICIENTE NO INTERIOR DO BARRIL													Alto
PRESSURIZAÇÃO INCORRECTA DO BARRIL													Alto
BARRIL MAL CHEIO													Alto
DEFICIENTE ESTERILIZAÇÃO DO BARRIL													Alto
CO ₂ DE CONTRAPRESSÃO DA ENCHEDORA CONTAMINADO	alto												
O Parâmetros e condições da máquina são claros e visíveis?	Gama de especificação definida e fixa												
	Existe um método simples para verificação	3	3	3				3					
	Existe Controlo visual acessível		5	5	5	5	5		5	5	5	5	5
São fáceis de estabelecer?	Difíceis de serem estabelecidos		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Fáceis de ajustar tendo posições definidas	3	3										
	Set up automático para cada SKU												
Os valores costumam estar fora da gama de trabalho?	Em produção normal: menor que 1x / turno												
	Alterado em cada arranque												
	Excepcionalmente	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Os desvios são visíveis?	Probabilidade baixa	1											
	Existe uma probabilidade superior a 90 % de detectar os desvios através das inspeções periódicas		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Sistema de monitorização em contínuo com sistemas de alerta												
É fácil restaurar a condição básica?	Difíceis, requerem competências técnicas e tempos de paragem		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Simples desde que as pessoas tenham as competências necessárias	3											
	Ajuste automático (closed loop)												
Total	15	15	15	13	15	15	15	13	15	15	15	15	15
Índice de Avaliação	60	60	60	52	60	60	60	52	60	60	60	60	60
Poka Yoke													
Inspeção da operação	x												
LUP													
Instrução de trabalho													
Inspeção do TMO		x											

Figura 6.38 – Matriz QM para as máquinas pré-lavadora e enchedora de barris. TMO – *Team Maintenance Operator*.

¹ *Poka Yoke* (“à prova de erros”) consiste num método destinado a evitar a ocorrência de defeitos ou erros em processos de fabricação e/ou na utilização de produtos, que pode ser usado para satisfazer uma determinada função de inspeção. Uma *checklist* é um exemplo de *Poka Yoke*.

Parâmetros		SET POINT DE PRESSÃO DE VAPOR	CALIBRAÇÃO DO MANÓMETRO DE PRESSÃO DE VAPOR	SET POINT DA Sonda DE NÍVEL	SET POINT DE PRESSÃO DE CO ₂	CALIBRAÇÃO DO MANÓMETRO DE CO ₂	GAMA DE TRABALHO DA BALANÇA	CALIBRAÇÃO DA BALANÇA	GAMA DE TRABALHO DO MANÓMETRO DO TT	CALIBRAÇÃO DO MANÓMETRO DO TT	SET POINT DA CONCENTRAÇÃO DO TANQUE	SET POINT DA TEMPERATURA DO TANQUE SODA	CALIBRAÇÃO DO CONDUTIVIMETRO DO TANQUE DE SODA	CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE TEMPERATURA DO TANQUE DE SODA	SET POINT DA CONCENTRAÇÃO DO TANQUE ÁCIDO	SET POINT DA TEMPERATURA DO TANQUE ÁCIDO	CALIBRAÇÃO DO CONDUTIVIMETRO DO TANQUE DE ÁCIDO	CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE TEMPERATURA DO TANQUE DE ÁCIDO
Especificação			Acerte e dentro do prazo definido			Acerte e dentro do prazo definido		Acerte e dentro do prazo definido		Acerte e dentro do prazo definido	1,5	80% ¹	Acerte e dentro do prazo definido	Acerte e dentro do prazo definido	OK	OK	Acerte e dentro do prazo definido	Acerte e dentro do prazo definido
Resultados do sistema de medição		valor dentro da gama de trabalho	etiqueta branca (calibração aceite)	valor dentro da gama de trabalho	valor dentro da gama de trabalho	etiqueta branca (calibração aceite)	valor dentro da gama de trabalho	etiqueta branca (calibração aceite)	valor dentro da gama de trabalho	etiqueta branca (calibração aceite)	valor dentro da gama de trabalho	valor dentro da gama de trabalho	etiqueta branca (calibração aceite)	etiqueta branca (calibração aceite)	valor dentro da gama de trabalho	valor dentro da gama de trabalho	etiqueta branca (calibração aceite)	etiqueta branca (calibração aceite)
Frequência																		
Responsável		Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador	Operador
Competência																		
Modo de defeito																		
DEFICIENTE PRÉ-LAVAGEM DOS BARRIS																		
DEFICIENTE LAVAGEM INTERNA DOS BARRIS																		
ENXAGUAMENTO DEFICIENTE NO INTERIOR DO BARRIL																		
PRESSURIZAÇÃO INCORRECTA DO BARRIL COM CO ₂																		
BARRIL MAL CHEIO																		
DEFICIENTE ESTERILIZAÇÃO DO BARRIL		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Exactidão e R&R vs Gama de Medição	Estão definidas a exactidão e R&R																	
	Incerteza das medições é menor do que a exactidão requerida	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	R% é menor que 10% e a incerteza é 0,025% do valor definido																	
Fácil de Calibrar	É difícil efectuar a calibração, (são necessárias várias tentativas para o conseguir)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Os factores de erro da calibração são conhecidos e mapeados sob controlo																	
	A Calibração é fácil, o procedimento garante que a calibração seja bem sucedida a primeira tentativa																	
Estabilidade	O sistema de medição descalibra menos que uma vez por turno																	
	A cada amanque é necessário verificar o sistema de medição																	
	A exactidão da medição mantém-se por longos períodos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Detecção de Desvios	É pouco provável de acontecer																	
	Os intervalos de calibração são calculados de forma a minimizar o risco	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Existe um duplo controlo efectuado com outro equipamento de medição que assegura a detecção de desvios																	
Re-Calibração	Re-calibração de acordo com o planeado ou no caso de desvio																	
	O intervalo de calibração é ajustado consoante o resultado da calibração (aumentado se dentro da tolerância e reduzido se fora)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	São efectuadas cartas de controlo para prever os desvios e otimizar o intervalo de calibração																	
Total		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Poka Yoke																		
Inspeção da operação																		
LUP																		
Instrução de trabalho																		
Inspeção do TMO																		

Figura 6.39 – Matriz QM para o sistema de medição dos parâmetros operacionais da pré-lavadora e máquinas enchedoras de barris. TMO – Team Maintenance Operator.

Capítulo 7

CONCLUSÕES E

PERSPECTIVAS FUTURAS

7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O presente trabalho pretendeu descrever e servir de exemplo ao modo como uma indústria, do sector cervejeiro, neste caso específico, pode “atacar” os problemas de qualidade microbiológica do seu produto, aplicando técnicas e metodologias da filosofia TPM. O objectivo principal do presente trabalho prendeu-se com a melhoria dos indicadores microbiológicos das linhas de enchimento de barris de cerveja da SCC, eliminando os modos de defeitos microbiológicos recorrentemente verificados e, assim, melhorar o desempenho microbiológico do processo de enchimento de cerveja em barril.

Os principais potenciais modos de defeito microbiológico identificados pela equipa para a melhoria do desempenho microbiológico do processo de enchimento de barris, foram sobretudo relacionados com:

- i. Defeitos nas condições básicas de máquinas e equipamentos críticos para a qualidade do processo de enchimento de cerveja em barril, nomeadamente nos pasteurizadores (problemas de desalinhamento de placas e fugas de cerveja para o exterior, em ambos os *Flash*) e no TT 2+3 (observação de um ponto “morto” com potencial impacte na acumulação de sujidades e de formação de biofilmes; “arestas soltas” no interior do tanque e problemas no chuveiro que impediam a sua correcta C.I.P. interna do tanque). Tais situações suscitaram intervenções da Manutenção Planeada para a resolução dos problemas identificados, através do restauro das condições normais desses equipamentos. De facto, na maioria das situações de melhoria, entre as principais causas para a existência de defeitos microbiológicos estão problemas relacionados com o correcto funcionamento dos equipamentos e máquinas, devido a algum desvio à sua condição básica.
- ii. Diferenças nos programas de higienização interna dos barris para enchimento entre as máquinas enchedoras. Tal situação levou a um processo de harmonização dos programas de higienização das máquinas enchedoras consideradas “mais críticas” (máquinas 2 e 3), onde os benefícios de melhoria teriam maior impacte ao nível do indicador FTR Micro LBC;
- iii. Problemas na qualidade química e microbiológica da soda para pré-lavagem dos barris que vão para enchimento, devido a vários problemas detectados na condição básica da pré-lavadora e na correcção inspecção de barris rejeitados das enchedoras, comprometendo a sua eficiente higienização (sobretudo em situações de barris muito

sujos e muito tempo expostos às agressões ambientais), com consequente impacto negativo sobre o FTR Micro LBC. Além disso, esta situação está a conduzir a grandes gastos diários de soda cáustica para reposição no tanque para que se atinjam os níveis de condutividade recomendados, além de gastos com aditivos químicos para estabilização de espuma provinda da matéria orgânica de cerveja que se vai acumulando no tanque, trazendo custos à Empresa.

Para a eliminação das potenciais causas-raiz dos defeitos microbiológicos observados relativos à qualidade da soda e ao processo de higienização dos barris para enchimento, estabeleceu-se um conjunto de acções correctivas e preventivas a serem implementadas, sendo da responsabilidade da Empresa a sua aprovação. Estabeleceu-se que duas das principais soluções para a resolução destes problemas observados seriam, por um lado, a criação de um sistema de pré-lavagem de barris na época baixa de enchimento, bem como a implementação de uma proposta de melhoria relativa à alteração da planta da zona de barris rejeitados, de forma a reduzir esforços dos operadores na verificação de barris rejeitados e minimizar defeitos na qualidade da soda, aumentando a eficiência do processo de higienização de barris para enchimento. Embora a primeira proposta tenha sido bem aceite pela Empresa, passando brevemente a fazer parte das acções dos operadores de enchimento de barris, a proposta de alteração da planta, apesar dos inúmeros benefícios que traria, tornou-se complicada e difícil de ser aprovada dados os custos monetários envolvidos. Devido ao declínio continuado do consumo de cerveja em barril, esta área tem perdido prioridade em termos de investimentos pela Empresa em relação ao enchimento em garrafa, sobretudo O.W. (de tara perdida).

Além deste caso, outras situações demonstraram o quão difícil e moroso foi a realização de acções na área de barris, nomeadamente algumas propostas recomendadas pela equipa que foram relegadas para segundo plano, como a reparação das placas do *Flash* 1+4 (etiqueta vermelha que não foi fechada por não ser considerado um caso prioritário pela Manutenção Planeada), bem como a morosidade de acções efectuadas (a reparação da pré-lavadora, identificada pela equipa como uma das acções prioritárias para a melhoria do desempenho microbiológica do processo de enchimento de barris, apenas foi efectuada passados alguns meses após o fecho da equipa).

Ainda assim, apesar da área de barris não ser uma área prioritária, a equipa conseguiu dar maior visibilidade e maior importância ao processo de enchimento de barris. Através da realização de uma vasta gama de análises laboratoriais, uso de vários métodos e ferramentas de análise de problemas da qualidade e acções correctivas implementadas, a equipa conseguiu superar o objectivo proposto. Durante várias semanas consecutivas o indicador FTR Micro LBC manteve-se nos 100 %, o que permitiu assegurar o objectivo estratégico da Empresa para o ano de

2011 relativo à qualidade microbiológica do processo de enchimento de barris. Além disso, foram implementadas acções que, embora não estivessem directamente relacionadas com a melhoria do indicador, beneficiaram o funcionamento da área de barris, como foi o caso da implementação de um novo plano de amostragem de barris, reduzindo-se o número de barris para amostragem e, conseqüentemente quebras de extracto de cerveja.

Através de uma análise cuidada à abordagem do problema e empenho, que permitiram o alcance dos objectivos propostos, a equipa foi reconhecida pela Empresa como um exemplo a seguir, tendo sido seleccionada pela Empresa como uma das equipas de melhoria a apresentar o seu trabalho numa auditoria feita pela *Heineken* (Empresa-mãe), no final do ano de 2011.

O sucesso deste trabalho deveu-se em parte a um factor essencial que por vezes não é reconhecido. A selecção da equipa de melhoria, a aplicação correcta das ferramentas de análise e a definição das respectivas funções foram fundamentais na aquisição da informação, do *know how* dos processos e na recolha de todos os dados que suportaram as análises efectuadas. Sem o auxílio dos colaboradores do Pilar da Qualidade e da área de enchimento de barris seria bastante difícil levar a cabo este trabalho, pois foram eles que transmitiram todos os seus conhecimentos e experiência diária nos diversos processos. É desta forma que se compreende que a correcta selecção da equipa de trabalho e envolvimento de “todos”, representa um factor essencial na qualidade do desenvolvimento de um processo de melhoria, como também do seu sucesso.

No entanto, obviamente que o trabalho da equipa não ficou “fechado”. Muitas acções ainda deverão ser realizadas para garantir um melhor desempenho microbiológico do processo de enchimento de barris de cerveja. Quando se fala em microbiologia e resolução de problemas microbiológicos nada é definitivo. As verdadeiras causas-raiz para os problemas microbiológicos são difíceis de serem descobertas e erradicadas, comparativamente, por exemplo, a problemas de natureza físico-química, existindo geralmente múltiplas causas para o problema. Muitos dos problemas microbiológicos poderiam ser evitados se houvesse um maior controlo das condições básicas dos equipamentos e um maior cuidado nas operações de higienização, sendo o ideal um aumento da frequência das C.I.P.'s dos circuitos/equipamentos por turno. No entanto, na prática de rotina na indústria esta será uma medida muito difícil de ser implementada pelas empresas, devido aos custos envolvidos, com implicação de paragens nas linhas de enchimento de produto.

Apesar disso, são sugeridas algumas recomendações, como perspectivas futuras, para a melhoria da qualidade microbiológica do processo de enchimento de barris, nomeadamente:

- i. Realização de um novo ensaio de acompanhamento da qualidade da soda ao longo de um turno de enchimento de barris de 50 L, de forma a validar as acções e restauro das

condições básicas efectuadas à pré-lavadora. Verificar através de análises laboratoriais se houve de facto melhoria na qualidade química e microbiológica da soda ao longo de um turno;

- ii. Existência de um programa de higienização específico para barris de maior volume nas máquinas enchedoras e na pré-lavadora (maior tempo de purga de restos de cerveja, maior tempo de contacto entre os detergentes e as paredes do barril), através de um programa automático que permitisse a mudança de condições de higienização quando enche barris de 50 L;
- iii. Realização de uma vistoria ao TT 1+4, de forma a avaliar as condições do seu interior (estado de soldaduras, existência de “arestas soltas”);
- iv. Reparação das placas do *Flash* 1+4.

Relativamente ao controlo do processo e consistência dos “ganhos” obtidos com as acções da equipa, não foi possível apresentar grandes resultados devido a constrangimentos de tempo, nomeadamente o tempo de implementação das respectivas soluções e o tempo necessário para que as soluções façam efeito no processo em questão. Contudo, estabeleceu-se que o procedimento mais correcto para o controlo e monitorização do processo seria a realização de supervisões periódicas, criação de alertas DCS (*Daily Control System*, Sistema de Controlo Diário) e auditorias internas para acompanhamento contínuo da evolução do indicador microbiológico da área de barris. Deverá ser feita uma análise a cada modo de defeito microbiológico (novas análises 5 porquês sempre que se verifique desvios aos parâmetros microbiológicos), de modo a avaliar a existência de reocorrências de defeitos microbiológicos, novos modos de defeito ou necessidade de restauro de condições básicas das máquinas e equipamentos. Para a manutenção da garantia da qualidade microbiológica e das condições básicas das máquinas/ equipamentos, torna-se essencial acelerar o processo de implementação do Passo 6 da Rota de Redução de Defeitos Microbiológicos. Através da criação de *checklists* derivadas das Matrizes QM, elaborando Matrizes QM definitivas não só para as máquinas e sistema de medição, como para a mão-de-obra, método e material, haverá uma melhor confiabilidade das condições operacionais, um maior controlo da variabilidade dos processos e uma melhor manutenção da qualidade microbiológica na área de enchimento de barris, antecipando a origem dos defeitos e adoptando imediatamente contramedidas aos desvios observados.

8.BIBLIOGRAFIA

8. **BIBLIOGRAFIA**

- Back, W. 1994. Secondary contaminations in the filling ares. *Brauwelt Int.*, **12**:326-333.
- Baptista, P. 2003. Higienização de equipamentos e instalações na indústria agro-alimentar. Forvisão, Consultadoria em formação integrada, Lda., 1.^a Edição (disponível em: www.esac.pt/noronha/manuais/manual_3_higieniza%C3%A7%C3%A3o.pdf)
- Beer Statistis 2010 Edition – The Brewers of Europe. Consultado em 03-10-2011, em www.brewersofeurope.org/docs/publications/boe_stats_final_20111214-001.pdf
- Bormio, M. R. 2000. Manutenção Produtiva Total (TPM). Cenpro, Curso de Especialização em Engenharia de Produção (disponível em: www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/tpm.pdf)
- Carvalho, G. B. M., Bento, C. V., Silva, J. B. A. 2006. Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 1.^a parte – as leveduras. *Rev. Analytica*. **25**:36-42.
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., Kong, S. 2005. Implementation of total productive maintenance: a case study. *Inst. J. Production Economics*, **95**:71-94.
- Coelho, A. 2008. TPM- Manutenção Produtiva Total. ABIFA - Fundação & Matérias – Primas, 102.^a Edição.
- Dale, B. 2003. Managing Quality. Oxford, *Blackwell Publishing*.
- Denyer, S. P., Stewart, G. S. A. B. 1998. Mechanisms of action of disinfectants. *Int. Biodeter. Biodegradation*, **41**:261-268.
- Doetsch, R. N., 1981. Determinative methods of light microscopy, *In*: Gerhardt, P. Murray, R. G. E., Costilow, R. N., Nester, E. W., Wood, W. A., Krieg, N. R., Phillips G. B. (ed.), Manual of methods for general bacteriology. *Am. Soc. Microbiol.*, Washington, D.C., 21-23.
- Duret, D., Pillet, M., 2009. Qualidade na Produção. Da ISO 9000 aos Seis Sigma, LIDEL - Edições Técnicas.
- European Hygienic Equipment Design Group (EHEDG). 1993a. Hygienic Equipment design criteria. *Trends Food Sci. Technol.* **4**:225-229.
- European Hygienic Equipment Design Group (EHEDG). 1993b. Welding stainless steel to meet hygienic requirements. *Trends Food Sci. Technol.*, **4**:306-310.
- European Hygienic Equipment Design Group (EHEDG). 1993c. Hygienic design of closed equipment for processing of liquid food. *Trends Food Sci. Technol.*, **4**:375-379.
- European Hygienic Equipment Design Group (EHEDG). 1994. Hygienic design of valves for food processing. *Trends Food Sci. Technol.*, **5**:169-171.
- Formação PKE (*Process Kaizen Engineer*), Quality Conditions Management, *Solving Efeso*, Dezembro de 2011.
- Gregersen, T. 1978. Rapid method for distinction of Gram-negative from Gram-positive bacteria. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **5**:123-127.

Hammond, J. R. M. 1986. Microbiological quality control in the brewing process. *Brewing Research Foundation*, **97**:1-34.

Heineken, 2009a. Rules, Standards & Procedures, TPM Standard, TPM Pillar & Team Routes.

Heineken, 2009b. Rules, Standards & Procedures, Assurance Standard, First Time Right definitions and calculations 2010.

Heineken, 2009c. Rules, Standards & Procedures, Brewing Process Description, Cleaning & Desinfection Services.

Heineken, 2009d. Rules, Standards & Procedures, Progressive Quality, Microbiology Defect Reduction.

Hughes, P. S., Baxter, E. D. 2001. Beer quality, safety and nutritional aspects. The Royal Society of Chemistry, RSC Paperbacks.

INE – Instituto Nacional de Estatística. Consultado em 03-10-2011, em www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=83386467&DESTAQUESmodo=2

Jespersen, L., Jakobsen, M. 1996. Specific spoilage organisms in breweries and laboratory media for their detection. *Int. J. Food Microbiol.*, **33**:139-155.

Kalil, E. M., Costa, A. J. F. 1994. Desinfecção e esterilização. *Acta Ortop. Bras.* **2**:1-4.

Knettel, K. 2011a. Basics on cleaning and disinfection. Ecolab/Centralcer Workshop, May 2011, Lisbon.

Knettel, K. 2011b. Fundamentals of Keg Cleaning. Ecolab/Centralcer Workshop, May 2011, Lisbon.

Kumar, C. G., Anand, S. K. 1998. Significance of microbial biofilms in food industry: a review. *Int. J. Food Microbiology*, **42**:9-27.

Lee, S. Y., Mabee, M. S., Jangaard, N. O. 1978. *Pectinatus*, a new genus of the family Bacteroidaceae. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, **28**:582-594.

Lopes, A. and Capricho, L. 2007. Manual de gestão da qualidade. Edições Silabo.

Meland, O. 2001. Key performance indicators - a necessary tool for managing improvement processes? ESREL, Troyes-France, 19-22.

MTI, SCC - Manual Técnico Industrial da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.

Pereira, Z. L., Requeijo, J. G. 2008. Qualidade: Planeamento e Controlo estatístico de processos. 1ª Edição, Prefácio, Caparica.

Pinto, C., Rodrigues, J., Melo, L., Moreira, M., Rodrigues. 2006. Fundamentos de Gestão. Barcarena, Editorial Presença.

Pombeiro, M. J. 2008. O Mundo da Cerveja. SCC – Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.

Portaria n.º 1/96, de 3 de Janeiro, que define e estabelece as características e regras de fabrico, acondicionamento e rotulagem das cervejas.

Portaria n.º 180/96, de 29 de Maio, Altera o n.º 4º e o anexo I da Portaria n.º 1/96, de 3 de Janeiro (que define e estabelece as características e regras de fabrico, acondicionamento e rotulagem das cervejas).

Sakamoto, K., Konings, W. N. 2003. Beer spoilage bacteria and hop resistance. *Int. J. Food Microbiol.*, **89**:105-124.

SCC - Sociedade Central de Cervejas, S. A. Consultado em 03-10-2011, em www.centralcervejas.pt

Smibert R. M., Krieg N. R. 1981. General characterisation. *In*: Gerhardt P, Murray R. G. E., Costilow R. N., Nester E. W., Wood W. A., Krieg N. R., Phillips G. B. (ed.), Manual of methods for general bacteriology. *Am. Soc. Microbiol.*, Washington, D. C., 409-443.

Sobral, J. N. 2006. Curso Elementar de Cerveja, Centro de Formação Profissional para o Sector Alimentar.

Storgards, E. 2000. Process hygiene control in beer production and dispensing. *Technical Research Centre of Finland, VTT Publications*, **410**:1-107.

Susuki, K. 2011. 125th anniversary review: microbiological instability of beer caused by spoilage bacteria. *J. Inst. Brew.*, **117**:131-155.

Timke, M. 2004. Analysis of biofilm communities in breweries. PhD Thesis, Department of Microbiology, University of Osnabrück, Germany.

Vaughan, A., O' Sullivan, T., Sinderen. 2005. Enhancing the microbiological stability of malt and beer – a review. *J. Inst. Brew.*, **111**:355-371.

Yamaguchi, C. T. 2005. TPM – Manutenção Produtiva Total, Monografia, ICAP, São João Del Rei.

Weiss, N., Seidel, H., Back, W. 1979. Isolation and systematic classification of beer spoilage, Gram-negative bacteria part I. Gram-negative strictly-anaerobic cocci. *Brauwiss*, **32**:189-194.

9.ANEXOS

ANEXO I

Passo	Ação	Quem	Quando	Dias que faltam	Observações
1	Actualizar quadro equipa com membros, masterplan e desdobramento	PV	15-Abr	08-Abr	
1	Traduzir rota de redução de defeitos microbiológicos	FF	15-Abr	13-Abr	revisão por PV
1	Solitar acesso a pasta TPM para FF e IM	PV	12-Abr	12-Abr	
1	Fazer levantamento de resultados microbiológicos fora de especificação nos barris desde o início do ano	FF	15-Abr	13-Abr	A 14-Jun fez-se novo levantamento adicionando resultados de todo o ano de 2010
1	Identificar HIPs na linha BC	FF	15-Abr	20-Abr	Apenas bicos de enchimento e entrada de CO2
1	Arranjar quadro físico da equipa	PV	12-Abr	12-Abr	
1	Organizar quadro físico	FF	26-Abr	26-Abr	
1	Fazer bioluminescência aos bicos de enchimento e CO2	FF	26-Abr	28-Abr	efectuado a 26-04; 28-04; 17-06; 26-7; 22-09
1	Fazer gráficos de pareto associando a linha e ao tipo de barril	FF	29-Abr	29-Abr	A 14-Jun fez-se novos gráficos pareto contabilizando resultados do ano de 2010
2	Etiqueta para corrigir ponto de amostragem no tanque tampão 2+3	JA	29-Abr	11-Ago	Etiqueta aberta a 20-07 (Nº39938); Etiqueta fechada a 11-08
2	Confirmar processo de entrada em circulação de água no flash entre L1+L4 e L2+L3	JA	29-Abr	02-Mai	não há necessidade uma vez que a água de recirculação não tem contaminação
2	Investigar possibilidade aumentar UP de 25 para 30 Ups	PV	29-Abr	02-Mai	não há necessidade uma vez que a água de recirculação não tem contaminação
2	Conseguir diagramas p/ Flash e Tanque Tampão	FF	29-Abr	16-Mai	Não foram conseguidos; Foram tiradas fotografias
2	Confirmar tempos de lavagem/esterilização em cada linha	FF	29-Abr	02-Mai	confirmar tempos de paragem
2	Passar a identificar barris lavados	IM	23-Abr	25-Abr	
2	Acompanhar com a Ecolab o ensaio de alteração do setpoint da concentração de soda de 1,5 % para 1,9 %	FF	29-Abr	29-Abr	Hugo Rosa vai enviar relatório.
1	Efectuar matriz QA preliminar	Todos	4-Mai	06-Mai	
2	Avaliar tempo de expulsão de CO2 antes da lavagem por tipo de barril	FF	16-Mai	16-Mai	Tempos iguais para todo o tipo de barril-confirmar caudal de expulsão não foi possível
4	Crear LUP e implementar novo plano de amostragem de barris	FF	27-Jun	04-Jul	
4	Crear LUP para harmonizar amostragem de barris	JA	27-Jun	01-Ago	Falta numerar LUP-Alteração da LUP a 12-9 para simplificar amostragem
4	Fazer proposta de tempos para linhas 2, 3 e 4 por tipo de barril	FF	27-Jun	28-Jun	Alteração da proposta a 7-Jul (redução de tempos)
3	Avaliar concentração de soda livre ao fim do turno 8-16	FF	3-Jul	27-Jul	reunião com ECOLAB 26-07. Efectuado Ensaio a 27-Jul para barris de 30L; repetir ensaio para barris de 50L; Ensaio 50L já feito
4	Alteração dos tempos lavagem linhas enchimento	FF	14-Jul	14-Jul	Falta linha 4
4	Contactar Abibento para alteração dos tempos lavagem das linhas 4 e 1	PV	22-Jul		A orçamentar - não é tão crítico devido a já ter passo de esterilização
4	Passar a amostrar barris lavados diariamente para validação das acções de melhoria implementadas	FF	30-Set	29-Set	
3	Efectuar análise 5 Porquês	Todos	29-Jul	29-Jul	Falta revisão com PV e FA; Revisão feita a 29-09
2	Fazer levantamento de etiquetas vermelhas com potencial impacto no FTR micro nos barris	FF	3-Ago	03-Ago	
3	Avaliar COO, concentração de soda livre, carbonatação e condutividade ao fim de turno 8-16h; Primeira parte do ensaio pedir para não ir nenhum barril da zona de rejeitados para as linhas de enchimento.	FF	18-Set	06-Set	Repetição no dia 14-09 (turno em que só encheu barris 50L)
4	Propor existência de programa de pré-lavagem de barris na época baixa (método e frequência)	PV	15-Out	04-Nov	Vai ser avaliada a sua necessidade após reposição da condição básica da pré-lavadora
3	Fazer Matriz QA definitiva	Todos	30-Set	29-Set	
4	Crear uma LUP de forma a chamar a atenção para a correcta inspecção dos barris rejeitados (temperatura da vareta; existências de restos de cerveja)	FF, JA	30-Set	30-Set	
4	Crear uma LUP para correcta colocação de pontos de amostragem	IL	15-Out	16-Out	LUP 1042
1	Repor condição básica da pré-lavadora na próxima manutenção preventiva (verificar programa de lavagem em todos os bicos da pré-lavadora, substituição de o-rings do bloco central)	SC	30-Nov		Substituição de vedantes, sondas e pressostatos
4	Propor para aprovação proposta de melhoria 481 (alteração de layout da rejeição de barris vazios)	PV	15-Out		Vai ser avaliada a sua necessidade após reposição da condição básica da pré-lavadora
4	Elaborar proposta de melhoria para alteração dos sistemas de protecção dos bicos de enchimento após CIP (iguais aos da linha 4)	JA	15-Out		Sem relevância - abandonado

Figura 9.1 – Plano de acção da equipa FTR LBC. FF – Flávia Fernandes; PV – Pedro Vicente; IM – Isidoro Mourão; JM –Joaquim Amaral; IL – Ivan Lubrano.

ANEXO II

Tabela 9.1 – Tese Matriz QA preliminar.

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar
Envio da cerveja para enchimento	Cerveja contaminada em T.C.F.	Material	2	-	Cerveja em T.C.F. tem um nível de contaminação microbiológico não eliminável pelo pasteurizador	Analisar resultados microbiológicos dos T.C.F.'s que vão para as linhas barris
Envio da cerveja para enchimento	Pontos mortos na tubagem	Máquina	2	-	Pontos mortos são fonte de acumulação de resíduos orgânicos/inorgânicos que propiciam a contaminação da cerveja	Inspecção visual do circuito
Envio da cerveja para enchimento	Vedantes danificados	Máquina	2	-	Fugas nas tubagens podem causar entradas de ar e contaminação da cerveja	Inspecção visual do estado dos vedantes; Confirmar frequência de substituição
Envio da cerveja para enchimento	Má higienização da tubagem por C.I.P. não realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização
Envio da cerveja para enchimento	Má higienização da tubagem por C.I.P. inadequada	Método	2	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Análise da qualidade de águas de enxaguamento recolhidas ao circuito após C.I.P.; Analisar programa C.I.P.
Envio da cerveja para enchimento	Má higienização da tubagem por frequência C.I.P. insuficiente	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização
Pasteurização	Pasteurização ineficaz por U.P.'s incorrectos	Método	8	Sagres-setpoint: 20 U.P.'s	Programa de pasteurização com setpoint inadequado levando a pasteurização ineficaz	Análise de registos de U.P.'s
Pasteurização	Pasteurização ineficaz por mau controlo de U.P.'s (<i>holding time</i>)	Máquina	5	-	Tempo de pasteurização insuficiente conduzindo a cerveja com nível de contaminação não aceitável	Análise de registos de U.P.'s
Pasteurização	Pasteurização ineficaz por mau controlo de Ups (pressão na zona quente)	Máquina	5	-	Pressão insuficiente conduzindo a cerveja com nível de contaminação não aceitável	Análise de registos de U.P.'s
Pasteurização	Ruptura nas placas do <i>Flash</i>	Máquina	8	-	Contacto de cerveja pasteurizada com o ar, com cerveja não pasteurizada ou com água de aquecimento de má qualidade microbiológica	Inspecção visual da existência de fugas/rupturas
Pasteurização	Má higienização do <i>Flash</i> por C.I.P. não realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada afectando a eficiência da pasteurização	Verificar registos de higienização
Pasteurização	Má higienização do <i>Flash</i> por C.I.P. inadequada	Método	8	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação que afectam a eficiência da pasteurização	Análise da qualidade de águas de enxaguamento recolhidas nas saídas <i>Flash</i> após o C.I.P.; Análise programa C.I.P.

(Continuação da Tabela 9.1)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar
Pasteurização	Má higienização do <i>Flash</i> por frequência C.I.P. insuficiente	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização
Transferência para tanque tampão	Má higienização da tubagem por C.I.P. não realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização
Transferência para Tanque Tampão	Má higienização da tubagem por C.I.P. inadequada	Método	8	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Análise da qualidade de águas de enxaguamento recolhidas nos tanques tampão após o C.I.P.; Análise programa C.I.P.
Transferência para Tanque Tampão	Má higienização da tubagem por frequência C.I.P. insuficiente	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Análise dos registos de realização de C.I.P.s
Transferência para Tanque Tampão	Pontos mortos na tubagem	Máquina	8	-	Pontos mortos são fonte de acumulação de resíduos orgânicos/inorgânicos que propiciam a contaminação da cerveja	Inspecção visual do circuito
Transferência para Tanque Tampão	Vedantes danificados	Máquina	8	-	Fugas podem causar entradas de ar e contaminação da cerveja	Inspecção visual do estado dos vedantes; Confirmar frequência de substituição
Transferência para Tanque Tampão	Contaminação pela água quando entra em recirculação devido à qualidade microbiológica da água	Material	5	-	Água de recirculação microbiologicamente contaminada leva à contaminação da cerveja e do circuito da reciclagem	Análise da qualidade água de recirculação recolhida nas saídas <i>Flash</i> (água Epal)
Armazenamento em Tanque Tampão	Contaminação pelo CO ₂	Material	5	-	CO ₂ para contrapressão pode estar microbiologicamente contaminado levando à contaminação da cerveja	Análise da qualidade microbiológica do CO ₂ ; Inspecção dos filtros de CO ₂ ; Confirmar frequência de substituição dos filtros
Armazenamento em Tanque Tampão	Má higienização do tanque por frequência C.I.P. insuficiente	Método	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização
Armazenamento em Tanque Tampão	Má higienização do tanque por C.I.P. não realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização
Armazenamento em Tanque Tampão	Má higienização do tanque por C.I.P. inadequada	Método	8	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Análise da qualidade de águas de enxaguamento recolhidas nos tanques tampão após o C.I.P.; Análise programa C.I.P.
Armazenamento em Tanque Tampão	Má higienização do tanque por existirem pontos (mortos) em que não passe a C.I.P.	Máquina	8	-	Tanques tampão com resíduos de contaminação por C.I.P. não passar em todos os pontos do tanque	Inspecção do modo de realização do C.I.P. nos tanques tampão; Análise do revestimento interno dos tanques

(Continuação da Tabela 9.1)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar
Armazenamento em Tanque Tampão	Contaminação pela água quando entra em recirculação devido à qualidade microbiológica da água	Material	5	-	Água de recirculação microbiologicamente contaminada leva à contaminação da cerveja e do circuito da reciclagem	Análise da qualidade água de recirculação recolhida nos TT (água Epal)
Armazenamento em Tanque Tampão	Contaminação por valores de O ₂ dissolvido fora dos parâmetros de especificação	Material	2	-	Níveis elevados de O ₂ em cerveja armazenada em tanque tampão podem propiciar o desenvolvimento de aeróbios	Verificar registo de teores de medidos de O ₂ nos TT
Transferência para enchedoras	Má higienização da tubagem por C.I.P. não realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização
Transferência para enchedoras	Má higienização da tubagem por C.I.P. inadequada	Método	8	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Análise da qualidade de águas de enxaguamento recolhidas nas saídas <i>Flash</i> após o C.I.P.; Análise programa C.I.P.
Transferência para enchedoras	Má higienização da tubagem por frequência C.I.P. insuficiente	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização
Transferência para enchedoras	Pontos mortos na tubagem	Máquina	8	-	Pontos mortos são fonte de acumulação de resíduos orgânicos/inorgânicos que propiciam a contaminação da cerveja	Inspecção visual do circuito
Transferência para enchedoras	Vedantes danificados	Máquina	8	-	Fugas podem causar entradas de ar e contaminação da cerveja	Inspecção visual do estado dos vedantes; Confirmar frequência de substituição
Enchimento de cerveja	Má higienização dos bicos de enchimento por C.I.P. não ser realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização
Enchimento de cerveja	Má higienização dos bicos de enchimento por C.I.P. ineficaz devido a ser inadequada	Método	8	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Bioluminescências aos bicos de enchimento; Análise programa C.I.P.
Enchimento de cerveja	Má higienização dos bicos de enchimento por C.I.P. não ser realizada com a frequência adequada	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização
Enchimento de cerveja	Má higienização dos bicos de enchimento por não ser realizada C.O.P.	Mão-Obra	5	-	Não realização de C.O.P. pode levar a contaminação externa dos bicos levando a contaminação dos barris durante o enchimento	Verificar registos de higienização

(Continuação da Tabela 9.1)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar
Enchimento de cerveja	Má higienização dos bicos de enchimento por C.O.P. desadequada	Método	8	Ecolab	Contaminação externa dos bicos pode levar a contaminação dos bicos durante o enchimento	Verificar o programa da C.O.P.; bioluminescência após C.O.P.
Enchimento de cerveja	Contaminação dos bicos devido a enxaguamento com água contaminada	Material	5	-	Água microbiologicamente contaminada leva à contaminação da cerveja	Análise da qualidade das águas de enxaguamento dos bicos
Enchimento de cerveja	Contaminação dos bicos pelo ar devido a má vedação dos bicos após C.I.P.	Máquina	2	-	Má vedação dos bicos após C.I.P. pode levar a exposição ao ambiente causando contaminação	Verificar forma de vedação
Enchimento de cerveja	Contaminação por mau estado dos vedantes do barril	Material	5	-	Barris com vedantes danificados podem ter maior nível de contaminação	-
Enchimento de cerveja	Contaminação por valores de O ₂ dissolvido fora dos parâmetros de especificação	Material	5	-	Níveis elevados de O ₂ em cerveja armazenada em tanque tampão podem propiciar o desenvolvimento de aeróbios	Verificar registo de teores de medidos de O ₂ na cerveja em barril cheio
Lavagem externa barris	Má higienização externa dos barris por lavagem/escovagem ineficiente	Método	2	-	Insuficiente tempo/temperatura de lavagem ou má escovagem pode ser insuficiente para baixar a carga microbiológica no exterior dos barris que pode ter impacte na sua contaminação interna	-
Pré-Lavagem barris	Água de enxaguamento contaminada	Material	2	-	Água microbiologicamente contaminada deixa resíduos que levam à contaminação da cerveja	Análise da qualidade das águas de enxaguamento na pré-lavadora (água recuperada)
Pré-Lavagem barris	Temperatura da água de enxaguamento incorrecta	Método	2	Setpoint: 70 °C; Ecolab	Temperatura pode não ser suficiente para reduzir a carga microbiana (sobrevivência de microrganismos termoresistentes)	Verificar registos da temperatura da água no tanque de recuperação
Pré-Lavagem barris	Concentração de soda aplicada incorrecta (% soda livre abaixo de 1,5)	Método	8	Setpoint: 1,90%; Ecolab	Alteração não deliberada do set point da concentração da soda; carbonatação da soda por resíduos de cerveja/CO ₂	Análise dos registos de C.I.P. interna nos barris (set points da soda e % soda livre); Efectuar ensaios de análise da carbonatação e condutividade ao longo de um turno e avaliar % de soda livre
Pré-Lavagem barris	Temperatura de soda aplicada incorrecta	Método	8	Setpoint: 70°C; Ecolab	Alteração não deliberada do set point da temperatura da soda deixa resíduos de contaminação nos barris	Análise dos registos de C.I.P. interna nos barris (setpoints)

(Continuação da Tabela 9.1)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar
Pré-Lavagem barris	Soda contaminada	Material	8	-	Soda microbiologicamente contaminada tem menor eficiência de higienização	Recolha de amostras dos tanques de C.I.P. para análise microbiológica (Raka-Ray e WLN)
Pré-Lavagem barris	Mau estado dos filtros de ar	Máquina	5	-	Passagem de ar com resíduos de contaminação	Inspeção do estado dos filtros de ar; Confirmar frequência de substituição dos filtros
Pré-Lavagem barris	Deficiente lavagem/esterilização interna	Método	5	-	Não esterilização interna da pré-lavadora pode gerar acumulação de resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização
Pré-Lavagem barris	Má higienização externa da pré-lavadora por não ser realizada C.O.P.	Método	2	-	Contaminação externa do equipamento pode levar a contaminação dos barris durante o enchimento	Verificar registos de higienização
Lavagem interna barris	Água de lavagem contaminada	Material	8	-	Água microbiologicamente contaminada deixa resíduos que levam à contaminação da cerveja	Análise da qualidade das águas de enxaguamento interno dos barris
Lavagem interna barris	Temperatura da água de lavagem incorrecta	Método	8	Setpoint: 70 °C; Ecolab	Baixa temperatura pode levar a sobrevivência de microrganismos termoresistentes	Confirmar valores de temperatura de lavagem interna
Lavagem interna barris	Concentração de ácido incorrecta	Método	8	Setpoint: 0,9%; Ecolab	Alteração não deliberada do set point da concentração do ácido deixa resíduos de contaminação nos barris	Análise dos registos de C.I.P. interna nos barris (setpoints)
Lavagem interna barris	Temperatura de ácido incorrecta	Método	8	Setpoint: 75°C; Ecolab	Alteração não deliberada do set point da temperatura do ácido deixa resíduos de contaminação nos barris	Análise dos registos de C.I.P. interna nos barris (setpoints)
Lavagem interna barris	Ácido contaminado	Material	8	-	Ácido microbiologicamente contaminado tem menor eficiência de higienização	Recolha de amostras dos tanques de C.I.P. para análise microbiológica (Raka-Ray e WLN)
Lavagem interna barris	Programa de lavagem não adequados para o tipo/volume de barril	Método	8	-	Barris com maior volume (50 L) não têm uma lavagem tão eficaz comparativamente a barris com menor volume (20 L; 30 L)	Confirmar programa/tempos de lavagem para barris com diferentes volumes
Lavagem interna barris	Mau estado dos filtros de ar	Máquina	5	-	Passagem de ar com resíduos de contaminação	Inspeção do estado dos filtros de ar; Confirmar frequência de substituição dos filtros
Lavagem interna barris	Deficiente esterilização interna dos bicos de lavagem interna dos barris	Método	2	-	Não lavagem interna dos bicos pode gerar acumulação de resíduos de contaminação	-

(Continuação da Tabela 9.1)


Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar
Lavagem interna barris	Má higienização externa dos bicos de lavagem por não ser realizada C.O.P.	Método	2	-	Contaminação externa dos bicos pode levar a contaminação dos barris durante o enxaguamento	-
Esterilização barris	Água para esterilização contaminada	Material	5	-	Água microbiologicamente contaminada deixa resíduos que levam à contaminação da cerveja	Análise da qualidade das águas de enxaguamento interno dos barris
Esterilização barris	Temperatura da água incorrecta	Método	8	Setpoint: 70 °C	Baixa temperatura pode levar a sobrevivência de microrganismos termoresistentes	Confirmar valores de temperatura
Esterilização barris	Pressão de vapor incorrecta	Método	8	Setpoint: +/- 2,5Kg	Alteração não deliberada do programa de esterilização (pressão vapor) pode levar a sobrevivência de microrganismos	Verificar eficácia e frequência da forma de análise da pressão no barril (barris teste)
Esterilização barris	Temperatura de vapor incorrecta	Método	8	Setpoint: 130°C	Baixa temperatura pode levar a sobrevivência de microrganismos termoresistentes	Verificar eficácia e frequência da forma de análise da temperatura no barril (barris teste)
Esterilização barris	Mau estado dos filtros de ar	Máquina	5	-	Passagem de ar com resíduos de contaminação	Inspecção do estado dos filtros de ar; Confirmar frequência de substituição dos filtros
Esterilização barris	Programa de esterilização não adequados para o tipo/volume de barril	Método	8	-	Barris com maior volume (50 L) não têm uma esterilização tão eficaz comparativamente a barris com menor volume (20 L; 30 L)	Confirmar programa/tempos de esterilização para barris com diferentes volumes
Entrada de CO ₂ nos barris	CO ₂ contaminado (circuito de CO ₂ não higienizado ou não esterilizado)	Máquina	8	-	CO ₂ para contrapressão pode estar microbiologicamente contaminado levando à contaminação da cerveja	Análise da qualidade microbiológica do CO ₂ ; Inspecção dos filtros de CO ₂ ; Confirmar frequência de substituição dos filtros
Entrada de CO ₂ nos barris	Mau estado dos filtros de ar	Máquina	5	-	Passagem de ar com resíduos de contaminação	Inspecção do estado dos filtros de ar; Confirmar frequência de substituição dos filtros
Entrada de CO ₂ nos barris	Má higienização dos bicos de entrada de CO ₂ por C.I.P. não ser realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização
Entrada de CO ₂ nos barris	Má higienização dos bicos de entrada de CO ₂ por C.I.P. ineficaz devido a ser inadequada	Método	5	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Bioluminescências aos bicos de enchimento; Análise programa C.I.P.

(Continuação da Tabela 9.1)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar
Entrada de CO ₂ nos barris	Má higienização dos bicos de entrada de CO ₂ por C.I.P. não ser realizada com a frequência adequada	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização
Entrada de CO ₂ nos barris	Má higienização externa dos bicos de entrada de CO ₂ por não ser realizada C.O.P.	Método	5	-	Contaminação externa dos bicos pode levar a contaminação dos barris durante o enxaguamento	Verificar registos de higienização
Entrada de CO ₂ nos barris	Contaminação dos bicos devido a enxaguamento com água contaminada	Material	5	-	Água microbiologicamente contaminada leva à contaminação da cerveja	Análise da qualidade das águas de enxaguamento interno dos barris
Entrada de CO ₂ nos barris	Contaminação dos bicos pelo ar devido a má vedação dos bicos após C.I.P.	Máquina	2	-	Má vedação dos bicos após C.I.P. pode levar a exposição ao ambiente causando contaminação	Verificar forma de vedação

ANEXO III



			Fases do processo enchimento de barris de cerveja																																								Fluxo do processo										TOTAL																			
Defeito	ppm*	Σ peso	Entrada de CO2 nos barris					Esterilização barris					Lavagem interna barris					Pré-Lavagem barris					Teste Pressão barris					Lavagem externa barris					Enchimento de cerveja					Transferência para enchedoras					Armazenamento em tanque tampão					Transferência para tanque tampão																								
		%**	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5																				
Contaminação microbiológica	1.000	195																																																																						
		1.000	41	26	10	26	-	26	41	-	-	-	26	41	-	41	-	26	41	-	-	-	10	-	-	-	-	41	41	10	26	-	41	41	10	26	-	41	41	10	26	-	41	41	10	26	-	41	41	10	26	-																				
Total ppm*	1.000		41	26	10	26	-	26	41	-	-	-	26	41	-	41	-	26	41	-	-	-	10	-	-	-	-	41	41	10	26	-	41	41	10	26	-	41	41	10	26	-	41	41	10	26	-	41	41	10	26	-																				
Índice Normalizado	1.000		103					92					108					108					-					10					87					92					118					118					92					41					303	374	72	221	-					

	Código	Peso			#
Máquina	1	303	Alto	8	15
Método	2	374	Médio	5	9
Mão-de-Obra	3	72	Baixo	2	12
Material	4	221			
Meio-Ambiente	5	-			
Total		969			

* Produção Total em partes por milhão

** Índice Normalizado em partes por milhares ‰ de defeitos na matriz

Figura 9.2 – Matriz QA preliminar.

ANEXO IV

Tabela 9.2 – Tese Matriz QA definitiva

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar	Resultados	Conclusão
Envio da cerveja para enchimento	Cerveja contaminada em T.C.F.	Material	2	-	Cerveja em T.C.F. tem um nível de contaminação microbiológico não eliminável pelo pasteurizador	Analisar resultados microbiológicos dos T.C.F.'s que vão para as linhas barris	Não há relação com produto acabado fora de especificação	
Envio da cerveja para enchimento	Pontos mortos na tubagem	Máquina	2	-	Pontos mortos são fonte de acumulação de resíduos orgânicos/inorgânicos que propiciam a contaminação da cerveja	Inspecção visual do circuito	Tudo OK	
Envio da cerveja para enchimento	Vedantes danificados	Máquina	2	-	Fugas nas tubagens podem causar entradas de ar e contaminação da cerveja	Inspecção visual do estado dos vedantes; Confirmar frequência de substituição	Tudo OK	
Envio da cerveja para enchimento	Má higienização da tubagem por C.I.P. não realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização	Tudo OK	
Envio da cerveja para enchimento	Má higienização da tubagem por C.I.P. inadequada	Método	2	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Análise da qualidade de águas de enxaguamento recolhidas ao circuito após C.I.P.; Analisar programa C.I.P.	Tudo OK	
Envio da cerveja para enchimento	Má higienização da tubagem por frequência C.I.P. insuficiente	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização	Tudo OK	
Pasteurização	Pasteurização ineficaz por U.P.'s incorrectos	Método	2	Sagres-setpoint: 20 UP's	Programa de pasteurização com setpoint inadequado levando a pasteurização ineficaz	Análise de registos de U.P.'s	Tudo OK	
Pasteurização	Pasteurização ineficaz por mau controlo de U.P.'s (holding time)	Máquina	2	-	Tempo de pasteurização insuficiente conduzindo a cerveja com nível de contaminação não aceitável	Análise de registos de U.P.'s		
Pasteurização	Pasteurização ineficaz por mau controlo de U.P.'s (pressão na zona quente)	Máquina	2	-	Pressão insuficiente conduzindo a cerveja com nível de contaminação não aceitável	Análise de registos de U.P.'s		
Pasteurização	Ruptura nas placas do <i>Flash</i>	Máquina	8	-	Contacto de cerveja pasteurizada com o ar, com cerveja não pasteurizada ou com água de aquecimento de má qualidade microbiológica	Inspecção visual da existência de fugas/rupturas	Foram observadas fugas	Com impacte

(Continuação da Tabela 9.2)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar	Resultados	Conclusão
Pasteurização	Má higienização do <i>Flash</i> por C.I.P. não realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada afectando a eficiência da pasteurização	Verificar registos de higienização	Tudo OK	
Pasteurização	Má higienização do <i>Flash</i> por C.I.P. inadequada	Método	2	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação que afectam a eficiência da pasteurização	Análise da qualidade de águas de enxaguamento recolhidas nas saídas <i>Flash</i> após o C.I.P.; Análise programa C.I.P.	Tudo OK	
Pasteurização	Má higienização do <i>Flash</i> por frequência C.I.P. insuficiente	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização	Tudo OK	
Transferência para Tanque Tampão	Má higienização da tubagem por C.I.P. não realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização	Tudo OK	
Transferência para Tanque Tampão	Má higienização da tubagem por C.I.P. inadequada	Método	2	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Análise da qualidade de águas de enxaguamento recolhidas nos tanques tampão após o C.I.P.; Análise programa C.I.P.	Tudo OK	
Transferência para Tanque Tampão	Má higienização da tubagem por frequência C.I.P. insuficiente	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Análise dos registos de realização de C.I.P.s	Tudo OK	
Transferência para Tanque Tampão	Pontos mortos na tubagem	Máquina	2	-	Pontos mortos são fonte de acumulação de resíduos orgânicos/inorgânicos que propiciam a contaminação da cerveja	Inspecção visual do circuito	Tudo OK	
Transferência para Tanque Tampão	Vedantes danificados	Máquina	2	-	Fugas podem causar entradas de ar e contaminação da cerveja	Inspecção visual do estado dos vedantes; Confirmar frequência de substituição	Tudo OK	
Transferência para Tanque Tampão	Contaminação pela água quando entra em recirculação devido à qualidade microbiológica da água	Material	2	-	Água de recirculação microbiologicamente contaminada leva à contaminação da cerveja e do circuito da reciclagem	Análise da qualidade água de recirculação recolhida nas saídas <i>Flash</i> (água Epal)	Tudo OK	
Armazenamento em Tanque Tampão	Contaminação pelo CO ₂	Material	5	-	CO ₂ para contrapressão pode estar microbiologicamente contaminado levando à contaminação da cerveja	Análise da qualidade microbiológica do CO ₂ ; Inspecção dos filtros de CO ₂ ; Confirmar frequência de substituição dos filtros	Contaminações ocasionais; filtros substituídos quando há observação de rupturas	Contaminações ocasionais; não foi estabelecida correlação com produto acabado

(Continuação da Tabela 9.2)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar	Resultados	Conclusão
Armazenamento em Tanque Tampão	Má higienização do tanque por frequência C.I.P. insuficiente	Método	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização	Tudo OK	
Armazenamento em Tanque Tampão	Má higienização do tanque por C.I.P. não realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização	Tudo OK	
Armazenamento em Tanque Tampão	Má higienização do tanque por C.I.P. inadequada	Método	2	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Análise da qualidade de águas de enxaguamento recolhidas nos tanques tampão após o C.I.P.; Análise programa C.I.P.	Tudo OK	
Armazenamento em Tanque Tampão	Má higienização do tanque por existirem pontos (mortos) em que não passe a C.I.P.	Máquina	2	-	Tanques tampão com resíduos de contaminação por C.I.P. não passar em todos os pontos do tanque	Inspecção do modo de realização do C.I.P. nos tanques tampão; Análise do revestimento interno dos tanques	Tipo chuveiro	
Armazenamento em Tanque Tampão	Contaminação pela água quando entra em recirculação devido à qualidade microbiológica da água	Material	2	-	Água de recirculação microbiologicamente contaminada leva à contaminação da cerveja e do circuito da reciclagem	Análise da qualidade água de recirculação recolhida nos TT (água Epal)	Tudo Ok	
Armazenamento em Tanque Tampão	Contaminação por valores de O ₂ dissolvido fora dos parâmetros de especificação	Material	2	-	Níveis elevados de O ₂ em cerveja armazenada em tanque tampão podem propiciar o desenvolvimento de aeróbios	Verificar registo de teores de medidos de O ₂ nos TT	Tudo Ok	
Transferência para enchedoras	Má higienização da tubagem por C.I.P. não realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização	Tudo OK	
Transferência para enchedoras	Má higienização da tubagem por C.I.P. inadequada	Método	2	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Análise da qualidade de águas de enxaguamento recolhidas nas saídas flash após o C.I.P.; Análise programa C.I.P.	Tudo Ok	
Transferência para enchedoras	Má higienização da tubagem por frequência C.I.P. insuficiente	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização	Tudo Ok	

(Continuação da Tabela 9.2)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar	Resultados	Conclusão
Transferência para enchedoras	Pontos mortos na tubagem	Máquina	2	-	Pontos mortos são fonte de acumulação de resíduos orgânicos/inorgânicos que propiciam a contaminação da cerveja	Inspecção visual do circuito	Tudo Ok	
Transferência para enchedoras	Vedantes danificados	Máquina	2	-	Fugas podem causar entradas de ar e contaminação da cerveja	Inspecção visual do estado dos vedantes; Confirmar frequência de substituição	Tudo Ok	
Enchimento de cerveja	Má higienização dos bicos de enchimento por C.I.P. não ser realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização	Tudo Ok	
Enchimento de cerveja	Má higienização dos bicos de enchimento por C.I.P. ineficaz devido a ser inadequada	Método	8	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Bioluminescências aos bicos de enchimento; Análise programa C.I.P.	Sobretudo na Máquina1	Não foi possível estabelecer correlação com produto acabado
Enchimento de cerveja	Má higienização dos bicos de enchimento por C.I.P. não ser realizada com a frequência adequada	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização	Tudo OK	
Enchimento de cerveja	Má higienização dos bicos de enchimento por não ser realizada COP	Mão-Obra	2	-	Não realização de C.O.P. pode levar a contaminação externa dos bicos levando a contaminação dos barris durante o enchimento	Verificar registos de higienização	Tudo Ok	
Enchimento de cerveja	Má higienização dos bicos de enchimento por C.O.P. desadequada	Método	2	Ecolab	Contaminação externa dos bicos pode levar a contaminação dos bicos durante o enchimento	Verificar o programa da C.O.P.; bioluminescência após C.O.P.	Tudo Ok	
Enchimento de cerveja	Contaminação dos bicos devido a enxaguamento com água contaminada	Material	2	-	Água microbiologicamente contaminada leva à contaminação da cerveja	Análise da qualidade das águas de enxaguamento dos bicos	Tudo Ok	
Enchimento de cerveja	Contaminação dos bicos pelo ar devido a má vedação dos bicos após C.I.P.	Máquina	2	-	Má vedação dos bicos após C.I.P. pode levar a exposição ao ambiente causando contaminação	Verificar forma de vedação	Maioria dos resultados satisfatórios; Resultados piores nas linhas com vedação "tipo tubo"	Não foi possível estabelecer correlação com produto acabado fora de especificação
Enchimento de cerveja	Contaminação por mau estado dos vedantes do barril	Material	2	-	Barris com vedantes danificados podem ter maior nível de contaminação	-	São rejeitados e recuperados	

(Continuação da Tabela 9.2)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar	Resultados	Conclusão
Enchimento de cerveja	Contaminação por valores de O ₂ dissolvido fora dos parâmetros de especificação	Material	5	-	Níveis elevados de O ₂ em cerveja armazenada em tanque tampão podem propiciar o desenvolvimento de aeróbios	Verificar registo de teores de medidos de O ₂ na cerveja em barril cheio	Tudo Ok	
Lavagem externa barris	Má higienização externa dos barris por lavagem/escovagem ineficiente	Método	2	-	Insuficiente tempo/temperatura de lavagem ou má escovagem pode ser insuficiente para baixar a carga microbiológica no exterior dos barris que pode ter impace na sua contaminação interna	-		
Pré-Lavagem barris	Água de enxaguamento contaminada	Material	2	-	Água microbiologicamente contaminada deixa resíduos que levam à contaminação da cerveja	Análise da qualidade das águas de enxaguamento na pré-lavadora (água recuperada)	Tudo OK	
Pré-Lavagem barris	Temperatura da água de enxaguamento incorrecta	Método	2	Setpoint: 70 °C; Ecolab	Temperatura pode não ser suficiente para reduzir a carga microbiana (sobrevivência de microrganismos termoresistentes)	Verificar registos da temperatura da água no tanque de recuperação	Tudo Ok	
Pré-Lavagem barris	Concentração de soda aplicada incorrecta (% soda livre abaixo de 1,5)	Método	2	Setpoint: 1,90%; Ecolab	Alteração não deliberada do set point da concentração da soda; carbonatação da soda por resíduos de cerveja/CO ₂	Análise dos registos de C.I.P. interna nos barris (set points da soda e % soda livre); Efectuar ensaios de análise da carbonatação e condutividade ao longo de um turno e avaliar % de soda livre	Tudo OK	
Pré-Lavagem barris	Temperatura de soda aplicada incorrecta	Método	2	Setpoint: 70°C; Ecolab	Alteração não deliberada do set point da temperatura da soda deixa resíduos de contaminação nos barris	Análise dos registos de C.I.P. interna nos barris (setpoints)	Tudo Ok	
Pré-Lavagem barris	Soda contaminada	Material	8	-	Soda microbiologicamente contaminada tem menor eficiência de higienização	Recolha de amostras dos tanques de C.I.P. para análise microbiológica (Raka-Ray e WLN)	Indícios de contaminação (leveduras e bactérias aeróbias) frequente	
Pré-Lavagem barris	Soda alterada com concentração elevada de carbonatos	Material			A soda fica com a causticidade reduzida, devido a contacto com CO ₂	Curvas de carbonatos e CQO ao longo do tempo	Confirma-se degradação	
Pré-Lavagem barris	Barris mal lavados não são rejeitados	Método	8		Os barris não são rejeitados e vão para o enchimento sem serem adequadamente higienizados	Análise de barris com indicação de que deviam ser rejeitados	Confirma-se a baixa quantidade de soda (praticamente água)	Com impacte significativo

(Continuação da Tabela 9.2)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar	Resultados	Conclusão
Pré-Lavagem barris	Má vedação no bloco central permite contacto entre água e soda	Máquina	8		Os barris são deficientemente higienizados, devido a diluição da soda	Inspecção dos o-rings	Confirmado	
Pré-Lavagem barris	Mau estado dos filtros de ar	Máquina	2	-	Passagem de ar com resíduos de contaminação	Inspecção do estado dos filtros de ar; Confirmar frequência de substituição dos filtros	Tudo Ok	
Pré-Lavagem barris	Deficiente lavagem/esterilização interna	Método	2	-	Não esterilização interna da pré-lavadora pode gerar acumulação de resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização		
Pré-Lavagem barris	Má higienização externa da pré-lavadora por não ser realizada COP	Método	2	-	Contaminação externa do equipamento pode levar a contaminação dos barris durante o enchimento	Verificar registos de higienização	Tudo OK	
Lavagem interna barris	Água de lavagem contaminada	Material	2	-	Água microbiologicamente contaminada deixa resíduos que levam à contaminação da cerveja	Análise da qualidade das águas de enxaguamento interno dos barris	Tudo Ok	
Lavagem interna barris	Temperatura da água de lavagem incorrecta	Método	2	Setpoint: 70 °C; Ecolab	Baixa temperatura pode levar a sobrevivência de microrganismos termoresistentes	Confirmar valores de temperatura de lavagem interna	Tudo Ok	
Lavagem interna barris	Concentração de ácido incorrecta	Método	2	Setpoint: 0,9%; Ecolab	Alteração não deliberada do set point da concentração do ácido deixa resíduos de contaminação nos barris	Análise dos registos de C.I.P. interna nos barris (set points)	Tudo OK	
Lavagem interna barris	Temperatura de ácido incorrecta	Método	2	Setpoint: 75°C; Ecolab	Alteração não deliberada do set point da temperatura do ácido deixa resíduos de contaminação nos barris	Análise dos registos de C.I.P. interna nos barris (set points)	Tudo OK	
Lavagem interna barris	Ácido contaminado	Material	2	-	Ácido microbiologicamente contaminado tem menor eficiência de higienização	Recolha de amostras dos tanques de C.I.P. para análise microbiológica (Raka-Ray e WLN)	Tudo OK	
Lavagem interna barris	Programa de lavagem não adequados para o tipo/volume de barril	Método	8	-	Barris com maior volume (50 L) não têm uma lavagem tão eficaz comparativamente a barris com menor volume (20 L; 30 L)	Confirmar programa/tempos de lavagem para barris com diferentes volumes		Foram revistos para estarem de acordo com L1 e indicações Ecolab
Lavagem interna barris	Mau estado dos filtros de ar	Máquina	2	-	Passagem de ar com resíduos de contaminação	Inspecção do estado dos filtros de ar; Confirmar frequência de substituição dos filtros	Tudo Ok	

(Continuação da Tabela 9.2)

Fase	Causa de defeito	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar	Resultados	Conclusão
Lavagem interna barris	Deficiente esterilização interna dos bicos de lavagem interna dos barris	Método	2	-	Não lavagem interna dos bicos pode gerar acumulação de resíduos de contaminação	-		
Lavagem interna barris	Má higienização externa dos bicos de lavagem por não ser realizada C.O.P.	Método	2	-	Contaminação externa dos bicos pode levar a contaminação dos barris durante o enxaguamento	-	Tudo OK	
Esterilização barris	Água para esterilização contaminada	Material	52	-	Água microbiologicamente contaminada deixa resíduos que levam à contaminação da cerveja	Análise da qualidade das águas de enxaguamento interno dos barris	Tudo Ok	
Esterilização barris	Temperatura da água incorrecta	Método	2	Setpoint: 70C	Baixa temperatura pode levar a sobrevivência de microrganismos termoresistentes	Confirmar valores de temperatura	Tudo Ok	
Esterilização barris	Pressão de vapor incorrecta	Método	2	Setpoint: +/- 2,5Kg	Alteração não deliberada do programa de esterilização (pressão vapor) pode levar a sobrevivência de microrganismos	Verificar eficácia e frequência da forma de análise da pressão no barril (barris teste)	Tudo Ok	
Esterilização barris	Temperatura de vapor incorrecta	Método	2	Setpoint: 130°C	Baixa temperatura pode levar a sobrevivência de microrganismos termoresistentes	Verificar eficácia e frequência da forma de análise da temperatura no barril (barris teste)	Tudo OK	
Esterilização barris	Mau estado dos filtros de ar	Máquina	2	-	Passagem de ar com resíduos de contaminação	Inspeção do estado dos filtros de ar; Confirmar frequência de substituição dos filtros	Tudo Ok	
Esterilização barris	Programa de esterilização não adequados para o tipo/volume de barril	Método	8	-	Barris com maior volume (50 L) não têm uma esterilização tão eficaz comparativamente a barris com menor volume (20 L; 30 L)	Confirmar programa/tempos de esterilização para barris com diferentes volumes	Programa/tempos de lavagem/esterilização são iguais para qualquer tipo de barril	Aumentar tempo de esterilização (15-50 seg) ou adição de P3-oxy pack 0,2% $\geq 100^{\circ}\text{C}$
Esterilização barris	Barris com elevada carga microbiológica a á saída da estação de esterilização	Material	8		Esterilização de barris não eficaz levando ao enchimento de barris contaminados	Confirmar resultados microbiológicos dos barris lavados/esterilizados nas linhas barris		
Entrada de CO ₂ nos barris	CO ₂ contaminado (circuito de CO ₂ não higienizado ou não esterilizado)	Máquina	8	-	CO ₂ para contrapressão pode estar microbiologicamente contaminado levando à contaminação da cerveja	Análise da qualidade microbiológica do CO ₂ ; Inspeção dos filtros de CO ₂ ; Confirmar frequência de substituição dos filtros	Tudo ok; filtros substituídos quando há observação de rupturas	

(Continuação da Tabela 9.2)

Fase	Causa	Categoria	Peso	Existe padrões referência	Tese	Método de verificação a usar	Resultados	Conclusão
Entrada de CO ₂ nos barris	Mau estado dos filtros de ar	Máquina	5	-	Passagem de ar com resíduos de contaminação	Inspecção do estado dos filtros de ar; Confirmar frequência de substituição dos filtros	Tudo Ok	
Entrada de CO ₂ nos barris	Má higienização dos bicos de entrada de CO ₂ por C.I.P. não ser realizada	Mão-Obra	2	-	C.I.P. não é realizada havendo contaminação da cerveja por má higienização do circuito	Verificar registos de higienização	Tudo Ok	
Entrada de CO ₂ nos barris	Má higienização dos bicos de entrada de CO ₂ por C.I.P. ineficaz devido a ser inadequada	Método	2	Ecolab	Método de C.I.P. não adequado e eficaz na higienização deixando resíduos de contaminação	Bioluminescências aos bicos de enchimento; Análise programa C.I.P.		
Entrada de CO ₂ nos barris	Má higienização dos bicos de entrada de CO ₂ por C.I.P. não ser realizada com a frequência adequada	Método	2	-	C.I.P. efectuada com pouca frequência deixa resíduos de contaminação	Verificar registos de higienização		
Entrada de CO ₂ nos barris	Má higienização externa dos bicos de entrada de CO ₂ por não ser realizada C.O.P.	Método	2	-	Contaminação externa dos bicos pode levar a contaminação dos barris durante o enxaguamento	Verificar registos de higienização	Maioria dos resultados satisfatórios (abaixo de 200 RLU's)	
Entrada de CO ₂ nos barris	Contaminação dos bicos devido a enxaguamento com água contaminada	Material	2	-	Água microbiologicamente contaminada leva à contaminação da cerveja	Análise da qualidade das águas de enxaguamento interno dos barris	Tudo OK	
Entrada de CO ₂ nos barris	Contaminação dos bicos pelo ar devido a má vedação dos bicos após C.I.P.	Máquina	2	-	Má vedação dos bicos após C.I.P. pode levar a exposição ao ambiente causando contaminação	Verificar forma de vedação	Tudo OK	

ANEXO V

[illegible]

	Código	Peso		#
Máquina	1	226	Alto	8 12
Método	2	282	Médio	5 4
Mão-de-Obra	3	103	Baixo	2 20
Material	4	190		
Meio-Ambiente	5	-		
Total		800		

* Produção em partes por milhão

** Índice Normalizado em partes por milhares ‰ de defeitos na matriz

Figura 9.3 – Matriz QA definitiva.

ANEXO VI

SCC – SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS, S.A.

LUP																																										
Área: Enchimento de barris	Tipo:	<input checked="" type="checkbox"/> C.Básico <input type="checkbox"/> Melhoria	<input type="checkbox"/> Problema <input type="checkbox"/> Segurança	Nº1043																																						
Pilar:	<input type="checkbox"/> Manutenção Autónoma <input type="checkbox"/> Manutenção Planeada	<input type="checkbox"/> Formação e Treino <input type="checkbox"/> Melhoria Específica	<input type="checkbox"/> Higiene, Segurança e Ambiente <input checked="" type="checkbox"/> Qualidade																																							
Elaboração: Flávia Fernandes		Data: 13/08/2011	Aprovação: Pedro Vicente		Data: 19-12-2011																																					
Tema: Plano de amostragem de barris (produto acabado) para análises laboratoriais																																										
<p>Recolha de barril cheio para análises laboratoriais (um <u>único barril</u> para estabilidade biológica, análises microbiológicas, físico-químicas e organolépticas), consoante plano de amostragem indicado abaixo:</p> <table border="1" style="margin: 20px auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="5">SEMANA</th> </tr> <tr> <th>2ª Feira</th> <th>3ª Feira</th> <th>4ª Feira</th> <th>5ª Feira</th> <th>6ª Feira</th> </tr> <tr> <th rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">MÊS</th> <th>1ª Semana</th> <td>1A</td> <td>2A</td> <td>3A</td> <td>4A</td> <td>1D</td> </tr> <tr> <th>2ª Semana</th> <td>2B</td> <td>3B</td> <td>4B</td> <td>1B</td> <td>3A</td> </tr> <tr> <th>3ª Semana</th> <td>3A</td> <td>4C</td> <td>1C</td> <td>2C</td> <td>2D</td> </tr> <tr> <th>4ª Semana</th> <td>4D</td> <td>1D</td> <td>2D</td> <td>3B</td> <td>4A</td> </tr> </table> <p>A amostragem para análises físico-químicas deverá ser feita <u>após</u> a amostragem para microbiologia e estabilidade biológica (as quais são da responsabilidade dos analistas do laboratório de microbiologia), de acordo com a seguinte frequência:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Sagres branca: 2x/semana ✓ Sagres Preta: 2x/semana ✓ Bohemia: 2x/Semana ✓ Foster's: Todos os TCF's 								SEMANA					2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	MÊS	1ª Semana	1A	2A	3A	4A	1D	2ª Semana	2B	3B	4B	1B	3A	3ª Semana	3A	4C	1C	2C	2D	4ª Semana	4D	1D	2D	3B	4A
		SEMANA																																								
		2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira																																				
MÊS	1ª Semana	1A	2A	3A	4A	1D																																				
	2ª Semana	2B	3B	4B	1B	3A																																				
	3ª Semana	3A	4C	1C	2C	2D																																				
	4ª Semana	4D	1D	2D	3B	4A																																				

Figura 9.4 – L.U.P. plano de amostragem de barris para análises laboratoriais.

ANEXO VII

SCC – SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS, S.A.


LUP			
Área: Enchimento de barris	Tipo:	<input checked="" type="checkbox"/> C.Básico <input type="checkbox"/> Melhoria	Problema Segurança
			Nº1044
Pilar:	<input type="checkbox"/> Manutenção Autônoma <input type="checkbox"/> Manutenção Planeada	<input type="checkbox"/> Formação e Treino <input type="checkbox"/> Melhoria Específica	<input type="checkbox"/> Higiene, Segurança e Ambiente <input checked="" type="checkbox"/> Qualidade
Elaboração: Flávia Fernandes		Data: 13/08/2011	Aprovação: Pedro Vicente
			Data: 19-12-2011
Tema: Inspeção de barris rejeitados do enchimento			
<p>Inspeção de barris na zona de rejeitados das linhas de enchimento:</p> <p>1) Verificar estado da vareta.</p> <p>Barris que apresentam defeitos na vareta (ex. vareta desapertada, espuma a sair pelo vedante, vedante da vareta torto, borracha (anilha) desapertada, etc.) devem ser deslocados para a zona de reparação de varetas para se proceder à substituição por uma vareta nova, antes de entrarem novamente nas linhas.</p> <p>2) Verificar temperatura da vareta (com a mão).</p> <p>Barris que apresentem vareta fria contêm cerveja, que deverá ser despejada com auxílio do cabeçote de recuperação de cerveja, antes do barril voltar para as linhas de enchimento.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>			

Figura 9.5 – L.U.P. Inspeção de barris na zona de rejeitados das linhas de enchimento.

ANEXO VIII

SCC – SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS, S.A.

LUP					
Área: Laboratórios	Tipo:	<input checked="" type="checkbox"/> C.Básico	<input type="checkbox"/> Problema	Nº 1042	
		<input type="checkbox"/> Melhoria	<input type="checkbox"/> Segurança		
Pilar:		<input type="checkbox"/> Manutenção Autónoma	<input type="checkbox"/> Formação e Treino	<input type="checkbox"/> Higiene, Segurança e Ambiente	
		<input type="checkbox"/> Manutenção Planeada	<input type="checkbox"/> Melhoria Específica	<input checked="" type="checkbox"/> Qualidade	
Elaboração: Maria José Sousa		Data: 16/12/2011	Aprovação: Ivan Lubrano		Data: 16/12/2011
Tema: Correcta montagem de pontos de amostragem para Microbiologia					



Foto 1 – Ponto de amostragem de membrana de silicone (7 orifícios)



Foto 2 – Válvula de amostragem Millipore



Foto 3 – Válvula de amostragem Keoffit W9



Foto 4 – Ponto amostragem de membrana de silicone (simples)



Foto 5 – Válvula de amostragem para gases

Figura 9.6 – L.U.P. Correcta montagem de pontos de amostragem para Microbiologia

ANEXO IX



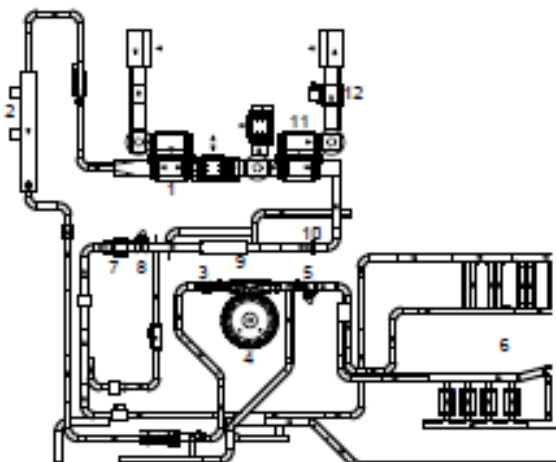
	<h3 style="margin: 0;">Proposta de Melhoria</h3>	
Área: Barris		Nº Proposta:
Nome do Proponente: António Madaleno <div style="text-align: right;"> Nº: 2161 Ass.: </div>		Data: 02-09-2008
Origem: <input type="checkbox"/> Rotina Anomalias <input type="checkbox"/> Rotina Inspeções <input type="checkbox"/> Equipa Melhoria <input type="checkbox"/> Outros <input type="checkbox"/> Rotina Avarias <input type="checkbox"/> Rotina Segurança <input type="checkbox"/> Organização 5S		
Título da Melhoria: Alteração do Layout da rejeição de barris vazios		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> Descrição Detalhada:  </div> <div style="width: 50%;"> <ol style="list-style-type: none"> 1- Alteração do layout do transporte de rejeição barris vazios. Desmontar o transporte de rejeição de barris vazios actual e voltar a instalar na zona de reparação. Os barris passam a ser rejeitados para a zona de reparação, onde são inspecionados/reparados, e posteriormente voltam a entrar na linha antes da pré-lavadora. 2- Alterar a localização do cabeçote de recuperação de cerveja para a zona de reparação de barris (Segmentar comando ligar/desligar transportador da botoneira de rejeição de barris, que continua no mesmo local). </div> </div>		
<p>Benefício esperado: Evitar que barris rejeitados com 2 – 3 litros de cerveja entrem na linha na entrada das enchedoras, e a cerveja seja recuperada no bico despejo, para o tanque de soda, degradando rapidamente a qualidade soda e consequentemente a eficácia da lavagem interna dos barris.</p> <p>Os barris rejeitados da pré-lavadora, e os rejeitados da balança de vazios são transportados todos para a zona de reparação, o que permite que o operador não necessite de se deslocar para cumprir as várias tarefas deste posto de trabalho (inspecção/reparação barris rejeitados da pré-lavadora, inspecção/reparação dos barris rejeitados nas enchedoras, recuperação de barris com cerveja)..</p>		
Custo Estimado:..		
Anexos: <input type="checkbox"/> Planeamento <input type="checkbox"/> Análise de Risco <input type="checkbox"/> NPV <input type="checkbox"/> Impacto <input type="checkbox"/> Outros Quais: _____		
Aprovação: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Não Aprovado Descritivo da Decisão: Assinatura:		

Figura 9.7 – Proposta de melhoria de alteração da planta da zona de rejeição de barris vazios de cerveja.